

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo

**Azcapotzalco**

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO  
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

# **PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA EL MONITOREO DE ADULTOS MAYORES CON DEPRESIÓN: USO DE BIOMARCADORES Y PATRONES DE CONDUCTA**

**Edwing Antonio Almeida Calderón**

Tesis para optar por el grado de Doctor en Diseño  
Posgrado en Diseño y Desarrollo de Productos

Miembros del Jurado:

**Dr. Marco Vinicio Ferruzca Navarro**  
*Director de la tesis*

Dr. Jorge Rodríguez Martínez  
Dra. Blanca Rafaela Silva López  
Dr. Gabriel Salazar Contreras  
Dr. Luis Jorge Soto Walls

Ciudad de México  
Diciembre 2017

## **DEDICATORIA**

**Este trabajo está dedicado a mi familia...**

**...a mi esposa Marce**

**...a mi hijo Thiago**

**...a mi padre Antonio**

**...a mi madre María Elena**

**...a mis hermanos**

**...a mis sobrinos**

**...a mis tíos**

**...etc.**

**...con todo mi cariño.**

## AGRADECIMIENTOS

Hace algunos años puse un agradecimiento en mi tesis de maestría, en esta ocasión repito el agradecimiento...

### **...gracias a la vida, que me ha dado tanto.**

También quiero agradecer al Dr. Ferruzca por haber creído en mí para llevar a cabo este trabajo. De la misma manera, agradezco a los que no creyeron en mí, pues ellos impulsaron mis deseos por desarrollar este y cumplir el objetivo trazado hace mucho tiempo.

Agradezco al Arq. Kotásek, al Mtro. Noriega y al Mtro. Angulo, por su apoyo, cada uno en su respectivo momento, para llevar a cabo las presentaciones de cada uno de los artículos escritos y aceptados en diferentes congresos internacionales.

Incluyo en este agradecimiento a la Psicóloga María del Pilar Morales Tlapanco, pues fue una guía en el tema de la depresión. Me soportó y aceptó cuanta visita y entrevista se pudiese.

No puedo dejar de mencionar a mi suegra Esperanza de la Torre Elías, quién fungió como paciente de prueba del prototipo 1. De la misma manera, agradezco al Sr. Oscar Sánchez Aguilera, la Sra. Alejandrina Guzmán Ramírez y al Sr. Mario Ignacio Sandoval y Arce por su atención, paciencia y permitir ser mis pacientes de prueba. Espero no haber causado mucha molestia.

Un agradecimiento enorme es para el Ing. Iván Gutiérrez (Tanque), que me tuvo toda la paciencia del mundo y soportó mis angustias, sin él la programación del Sistema MAMD no sería posible.

Por último, agradecer a mi familia, mi esposa Marcela E. Buitrón de la Torre y mi hijo Thiago Almeida Buitrón.

## **SINOPSIS**

Este documento presenta la investigación realizada para optar por el grado de Doctor en Diseño. El propósito es del desarrollo de un sistema para el monitoreo de adultos mayores en estado de depresión mediante el uso de biomarcadores como lo es el ritmo cardiaco, la temperatura y la actividad del día a día de las personas.

Este trabajo está compuesto por una investigación teórica para la formación de estado del arte, seguido de una investigación empírica conducida por tres casos de estudio: el primero, para lograr una aproximación tecnológica; el segundo, para identificar el funcionamiento del sistema general y el tercero, por la aplicación del sistema en pacientes para medir la experiencia de usuario.

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
---------------------	----------

## **CAPÍTULO 1: OBJETIVO Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

Introducción	5
Aportaciones e interés del estudio para el diseño de un Sistema de Monitoreo de Adultos Mayores en estado depresivo	7
Proceso seguido en la investigación	9
a. Objetivo y límites de la investigación	10
b. Preguntas de investigación	12
c. Proposición de la investigación (supuestos)	12

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

Exploración cualitativa y cuantitativa del objeto de estudio	14
¿Qué es el Internet de las Cosas?	21
a. Conciencia del contexto	34
b. E-health	40
c. Reconocimiento gestual	51
1. Definición de gesto	51
2. Reconocimiento de gestos	53
3. Detección de gestos por medios fisiológicos	56
4. Reconocimiento de patrones	58
d. Experiencia de Usuario U/X	60
La Depresión en Adultos Mayores	64
a. El adulto mayor	65
b. La depresión	72

c. Fisiología de la depresión y la correlación de la temperatura, ritmo cardíaco, patrones de movimiento y la depresión en los adultos mayores .....	77
 <b>CAPÍTULO 3: ESTUDIO EMPÍRICO</b>	
La investigación empírica .....	88
Elaboración de un estudio de caso .....	89
Estudio de caso 1: MAMD1 .....	95
Estudio de caso 2: MAMD2 .....	113
Estudio de caso 3: Aplicación del MAMD a pacientes .....	134
 <b>CONCLUSIONES</b> .....	162
 <b>ANEXOS</b>	
Anexo A: Comentarios de expertos .....	172
Anexo B: Protocolo médico para la selección de pacientes candidatos al MAMD .....	176
Anexo C: Respuestas al cuestionario de UX .....	184
Anexo D: Ficha médica .....	190
 <b>GLOSARIO</b> .....	191
 <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	196
 <b>PUBLICACIONES</b> .....	209
 <b>CURRICULUM VITAE</b> .....	216

# INDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO 1: OBJETIVO Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

<b>Figura 1.1</b>	Esquema que representa el proceso de investigación llevado a cabo en este documento.....	6
<b>Figura 1.2</b>	Propuesta del proceso de investigación y desarrollo de la misma .....	9

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

<b>Gráfica 2.1</b>	Tópicos revisados en las bases de datos .....	15
<b>Gráfica 2.2</b>	Gráfica que presenta el total de documentos revisados .....	16
<b>Gráfica 2.3</b>	Resultados (5) de la consulta con expertos .....	20
<b>Tabla 2.1</b>	Indicadores de un Sistema Independiente de Cuidado de Vida .....	42
<b>Figura 2.1</b>	Esquema que ejemplifica el modelo de un sistema e-health .....	45
<b>Figura 2.2</b>	Taxonomía para los gestos de la mano en la HCI. Los gestos importantes se diferencian de los movimientos sin intención. Los gestos utilizados para manipulación de objetos son diferentes de los gestos que son inherentes al carácter de comunicación.....	53
<b>Figura 2.3</b>	En la imagen se presenta la primera etapa en un procesamiento de bajo nivel en donde se da la extracción de características. La segunda etapa se considera de procesamiento de alto nivel ya que las características permiten la conversión en vectores generando una gran cantidad de datos.....	56
<b>Figura 2.4</b>	Etapas básicas en la clasificación y diseño de un sistema de reconocimiento gestual .....	60
<b>Figura 2.5</b>	Tipos de usuarios involucrados en la Experiencia de Usuario .....	61

<b>Figura 2.6</b>	Tabla de proyección comparativa de envejecimiento de los países miembros de la OCDE (OECD,2012) .....	66
<b>Figura 2.7</b>	Muestra el Análisis Espectral (Método auto-regresivo 12) del intervalo NN de un sujeto saludable, en donde se detectan las dos frecuencias HF y LF .....	80

### **CAPÍTULO 3: ESTUDIO EMPÍRICO**

<b>Figura 3.1</b>	Esquema de la propuesta de Freimut .....	92
<b>Figura 3.2</b>	Módulos que conforman el prototipo para la detección de la depresión .....	100
<b>Figura 3.3</b>	Propuesta inicial del monitoreo de adultos mayores depresivos, utilizando hardware y software libre, procesando la información en la nube y generando acciones para revertir o detener el proceso de depresión.....	101
<b>Figura 3.4</b>	Procesamiento de la información y generación de módulos para la adquisición de datos.....	109
<b>Figura 3.5</b>	Integración del prototipo 2 (MAMD 2) para el Monitoreo de Adultos Mayores con Depresión .....	115
<b>Figura 3.6</b>	Esquema final del Sistema para el monitoreo de Adultos Mayores con Depresión .....	116
<b>Figura 3.7</b>	Integración del módulo 1, brazaletes para el paciente .....	118
<b>Figura 3.8</b>	Diagrama gráfico de conexiones para el brazaletes .....	119
<b>Figura 3.9</b>	Esquema eléctrico de conexiones para el brazaletes .....	119
<b>Figura 3.10</b>	Integración del módulo 2 en una carcasa impresa 3D en ABS y que permite la colocación en una pared o lugar específico para el MAMD.....	121
<b>Figura 3.11</b>	Conexión de módulo 2; Raspberry a Shield y Xbee al interior, USB Módem y Webcam al exterior.....	122



<b>Figura 3.12</b> En esta figura se muestran las posibles colocaciones del artefacto para el MAMD, buscando la mejor posición para la detección de los movimientos del paciente .....	123
<b>Figura 3.13</b> Nuevo esquema de Procesamiento de la información por medio de módulo 1,2 y lógico .....	131
<b>Imagen 3.1</b> Arduino pro mini con dimensiones de 18.78x33.02 milímetros ( <a href="https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardProMini">https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardProMini</a> ).....	104
<b>Imagen 3.2</b> La primera imagen presenta el Sensor de Ritmo Cardíaco de Pulse Sensor y la segunda un sensor genérico de LED IR .....	107
<b>Imagen 3.2.1</b> Construcción del primer prototipo que sirvió para evaluar el desempeño del hardware y los requerimientos del software .....	108
<b>Imagen 3.2.2</b> Colocación del brazalete, módulo 1. Se debe usar de manera preferente en el brazo izquierdo .....	117
<b>Imagen 3.3</b> Integración del módulo 1, brazalete para el paciente. ....	118
<b>Imagen 3.4</b> Vista real de la carcasa con el sistema para el brazalete. ....	120
<b>Imagen 3.5</b> Vista final de la integración del Módulo 2 colocado en pared.....	122
<b>Imagen 3.6</b> Manejo de datos de pacientes, familiares y médicos por medio de la página Web .....	124
<b>Imagen 3.7</b> Página Web para uso del médico o tratante, en donde se muestra la información de los biomarcadores de temperatura, ritmo cardíaco y patrón de movimiento, además de la foto del paciente y los datos del periodo (día y hora) a visualizar .....	125
<b>Imagen 3.8</b> El módulo 2 procesa la información recabada, pero además muestra las diferentes formas de detección de los movimientos registrados y las diferencias....	127
<b>Imagen 3.9</b> Colocación del sistema para una mejor visualización del ADL .....	137

<b>Imagen 3.10</b> Elementos para carga de batería LiPo de 3.7V a 850mA. Con fuente de alimentación de 120 V AC a 5 V DC conexión USB a cargador LiPoly Charger de Sparkfun® de celda simple Colocación del sistema para la mejor visualización del ADL .....	137
<b>Imagen 3.11</b> Mensaje enviado por el sistema para indicar su inicio .....	138
<b>Imagen 3.12</b> Vista del sitio Web para el médico o familiar. 1. Fotografía del paciente; 2. Espacio para añadir anotaciones; 3. Gráfica de temperatura por hora; 4. Gráfica de RC por hora; 5. Mapa de ADL .....	141
<b>Imagen 3.13</b> Muestra de Mensaje de alerta por baja temperatura.....	141
<b>Imagen 3.14</b> Captura de ADL resultante en imagen de mapa cartesiano en tres capas: Imagen de fondo, mapa ADL y retícula. En la zona de amarillo intenso se visualiza el mayor tiempo que permanece el paciente en movimiento y la zona oscura en donde no hay registro de movimiento .....	142
<b>Imagen 3.15</b> (A) Foto original, tomada del entorno del paciente. (B) El sistema le baja la resolución de manera que se vea de baja resolución o fragmentada y sólo sirva como referencia para la identificación de las zonas en el mapa del ADL .....	146
<b>Imagen 3.16</b> Habitación del paciente, espacio en el que desarrolla la mayor cantidad de actividades de su ADL. Escasa movilidad y mucho tiempo recostado .....	153
<b>Tabla 3.1</b> Tabla de software de reconocimiento de patrones o gestos .....	98
<b>Tabla 3.2</b> Tabla de microcontroladores posibles para el prototipo .....	102
<b>Tabla 3.3</b> Imágenes de muestras de captura de diferentes momentos del día del ADL de un paciente .....	145

# INTRODUCCIÓN

Este documento presenta la investigación llevada a cabo para optar por el grado de Doctor en Diseño en la línea de Desarrollo de productos. Dicho trabajo se llevó a cabo en el sector salud bajo la dirección del Dr. Marco Vinicio Ferruzca Navarro.

La investigación se enfoca en la creación de un prototipo para llevar a cabo el monitoreo en adultos mayores con depresión diagnosticada. Todo esto, con el objetivo de evitar que el paciente caiga en un estado de depresión mayor<sup>1</sup>, que conllevaría a mayores cuidados por parte de los médicos tratantes y familiares, además del incremento de gastos (traslados, uso de instalaciones médicas, tiempo del familiar o cuidador).

La tesis se ha estructurado en tres grandes apartados. En el primer capítulo, se plantea el objetivo general y la metodología del estudio. Aquí se describe el tipo de estudio y se explican las aportaciones realizadas. Además, se expresa el interés por desarrollar un sistema para el monitoreo de adultos mayores en estado depresivo (MAMD). Luego, se describe el proceso de investigación, marcando los límites del objetivo general del estudio, los objetivos particulares y las preguntas de investigación. Dado lo anterior, se estructuran los supuestos que surgen y se hacen las primeras proposiciones de investigación.

En el capítulo segundo, se conforma el Marco Teórico. Este apartado inicia con una exploración cuantitativa y cualitativa del problema. Para ello, se realiza una investigación documental, principalmente basada en artículos de bases de datos científicas, libros, revistas y sitios Web. Esta exploración busca responder la pregunta ¿Qué es el Internet de las Cosas? A raíz de este primer análisis, aparecieron temas subyacentes y propios

---

<sup>1</sup> La depresión mayor (también conocida como depresión clínica o unipolar) es cuando se ha diagnosticado una depresión clínicamente y los síntomas se han agudizado o presentan con mayor frecuencia. Los episodios depresivos se presentan con mayor frecuencia (Psycom,2017).

de la investigación, tales como la conciencia del contexto, la salud electrónica o *e-health* y el reconocimiento gestual. Esta última idea obligó a definir qué se entiende por gesto en el contexto de este estudio. Por tal motivo, se describe cómo es que los sistemas identifican gestos o patrones de movimiento: detección de gestos por medios fisiológicos para la incorporación de los biomarcadores. Finalmente, se presenta un breve acercamiento al concepto de experiencia de usuario UX para entender a todas las partes involucradas en el proceso de monitoreo.

La investigación implicó también hacer una revisión del tema de la depresión en adultos mayores, identificando al paciente adulto mayor y sus características. Las características de la enfermedad denominada depresión, sintomatología y diagnóstico. De estos últimos surge la necesidad de determinar la fisiología de la enfermedad y conocer los estudios llevados a cabo en los cuales se busque alguna correlación con biomarcadores del adulto mayor, como son la temperatura y ritmo cardíaco, además de los patrones de conducta del día a día, por medio de patrones de movimiento.

Por último, en este capítulo se presentan los resultados de una encuesta para validar el tema de la investigación por un grupo de expertos. Autores de diferentes artículos utilizados para la formación del marco teórico, a quienes se les solicitó su participación y expresaron su punto de vista mediante la realización de una encuesta en línea.

En el capítulo tercero se presentan tres casos de estudio. El primer caso requirió un estudio exploratorio de la tecnología existente que permitiera llevar a cabo el monitoreo MAMD. Se realiza una revisión exhaustiva del hardware y software existentes, privilegiando el concepto de código abierto y hardware abierto. Esto conllevó a la construcción de un primer prototipo.

Para el segundo caso se desarrolló un segundo prototipo, derivado de los requerimientos que surgen de la conclusión del primer caso. Este es un sistema completamente funcional. Se desarrolló en su totalidad para dejarlo listo y probarlo con pacientes reales, además de que se inició el trabajo colaborativo desde el año 2014 con áreas de

especialistas como Psicología y Geriátría del Instituto Nacional de Rehabilitación, dando como resultado un protocolo médico para la selección de pacientes.

El tercer caso implicó la prueba con pacientes reales, lo más cercanos a los requerimientos preestablecidos en el protocolo médico y se observó básicamente la Experiencia de Usuario del paciente, el familiar y el médico.

Finalmente, la tesis termina con el apartado de conclusiones, en donde se esbozan las líneas futuras de investigación que se desprenden de este trabajo.

Capítulo 1:

## **Objetivo y Metodología del Estudio**

# Capítulo 1: Objetivo y Metodología del Estudio

## Introducción

Este estudio presenta la investigación llevada a cabo para el desarrollo de un prototipo para el Monitoreo de la Depresión<sup>2</sup> en Adultos Mayores (MAMD). El proceso llevado a cabo se muestra en la Figura 1.1. Parte de un estudio teórico en donde se busca identificar ¿qué es el Internet de las Cosas(IoT) y cómo puede ayudar este modelo en el tratamiento de la depresión en Adultos Mayores? Para esto se identificaron los conceptos relativos e inherentes al IoT como la conciencia del contexto, el *e-Health*, la experiencia de usuario, el reconocimiento gestual y patrones de movimiento.

De la misma manera, se recabó la información necesaria para entender la enfermedad y síntomas de la depresión, haciendo hincapié en la depresión en adultos mayores, tratamientos, diagnósticos y localización de investigaciones relativas a la depresión y síntomas fisiológicos, además de la posibilidad de identificar la depresión por medio de biomarcadores como el ritmo cardíaco (RC), la temperatura y el oxígeno en la piel, entre otros.

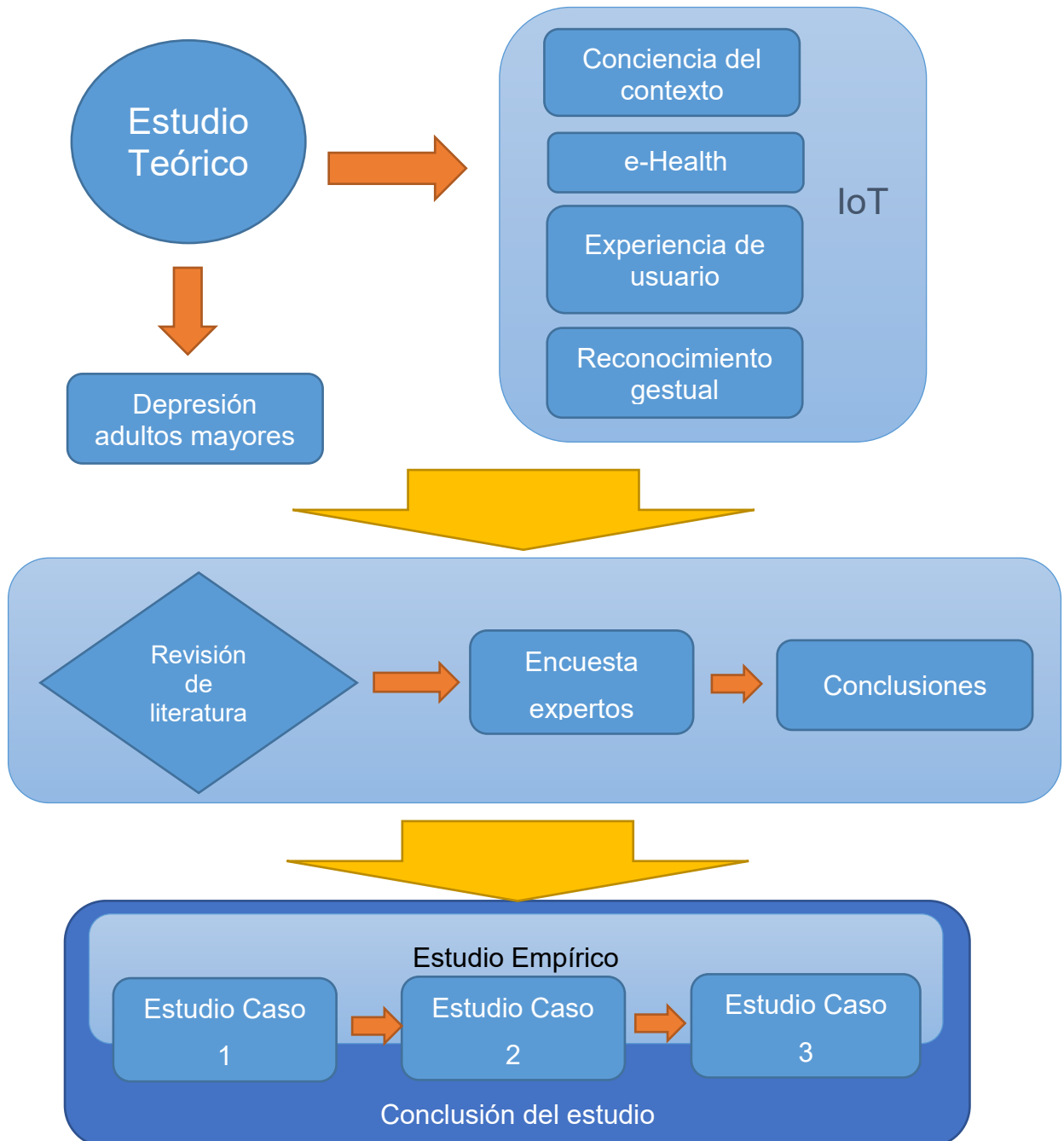
Una vez que se hubo llevado a cabo esta revisión de la literatura, se procedió a hacer una validación con expertos en los diferentes temas para identificar la pertinencia temática. Los expertos elegidos fueron los autores de los diferentes artículos consultados para la formación del Estado del Arte, aunque, no todos participaron en este ejercicio.

La segunda parte es el estudio empírico y está conformada por tres casos de estudio que nos llevaron a la creación de tres prototipos. El primero, para conocer las posibilidades de llevar a cabo el estudio. El segundo ya implicó un prototipo más robusto, con mayor

---

<sup>2</sup> Ver página 68

cantidad de requerimientos y desarrollo. Y, por último, el tercero fue la mejora del prototipo anterior y prueba con pacientes reales.



**Figura 1.1 Esquema que representa el proceso de investigación llevado a cabo en este documento (Esquema del autor).**



## **Aportaciones e interés del estudio para diseñar un Sistema de Monitoreo para Adultos Mayores en estado Depresivo**

En la actualidad existe una tendencia al incremento de la población de adultos mayores. Esta población está integrada por adultos mayores jóvenes, adultos mayores y adultos mayores avanzados. Este último grupo rebasa los 70 años en adelante y presentan diversos problemas de salud, movilidad y seguridad. Un alto porcentaje de ellos tiene síntomas de depresión<sup>3</sup>, la cual se puede tratar y controlar sin causar grandes problemas. Sin embargo, tienden a caer en estados de depresión mayor, la cual genera ideas suicidas, trastornos alimenticios y de movilidad, entre otros.

Los estados de depresión mayor causan problemas a los familiares o cuidadores de los adultos mayores, ya que requieren observación, mayor atención, visitas a médicos, psicólogos o psiquiatras, medicamentos y hasta llegan a producir degeneración fisiológica por falta de alimentación o movilidad.

Un evento de depresión mayor se puede evitar si se detecta a tiempo y se le dan los cuidados necesarios al adulto mayor; no obstante, es difícil para los médicos o tratantes estar revisando a los pacientes con frecuencia y más aún cuando son de escasos recursos. La problemática se extiende a los familiares o cuidadores, ya que, al estar envueltos en los nuevos modelos sociales y económicos, que con gran frecuencia requieren que se ausenten para trabajar o realizar diversas actividades económicas o sociales, tienen mayor dificultad para estar cuidando a sus adultos mayores o por lo menos advertir un cambio en sus conductas o estados anímicos.

---

<sup>3</sup> En la página 68 se revisa a profundidad el concepto de depresión y depresión mayor.

En la actualidad existen diferentes herramientas que permiten conocer el estado de salud de una persona de manera remota. El Internet de las Cosas (IoT) nos permite conectar diversos dispositivos para comunicar información a diferentes actores, como pueden ser familiares, médicos y hasta otros objetos para actuar en respuesta a una situación.

Por otra parte, la cultura del *Open Source* (como *Linux*, *Open Office*, etc.) y *Open Hardware* (como *Arduino*, *Raspberry*, etc.) nos permiten desarrollar propuestas a bajo costo y con una evolución impresionante. Actualmente existe una amplia diversidad de microcontroladores, sensores que podrían ayudar a medir diversos biomarcadores, además de patrones de conducta en la actividad diaria, que pudieran relacionarse con un estado de depresión, en especial de depresión mayor.

A pesar de esto, se presenta también la renuencia de los pacientes a ser tratados, usar “aparatos” que les resultan molestos, incómodos, que ponen en riesgo su seguridad y privacidad y hasta el miedo a la tecnología.

En síntesis, la falta de tiempo, recursos materiales, económicos y personales para cuidar y dar seguimiento a adultos mayores con depresión que deriven en un estado de depresión mayor, genera un alto costo a las instituciones, pacientes y familiares. Es bajo este contexto que se presenta el estudio que aquí se refiere.

Algunos de los resultados previsibles con este estudio han sido:

1. Conocimiento sobre el estado del arte en las diferentes áreas de estudio (IoT, *Context Awareness*, *e-Health* y Depresión).
2. Prototipos generados con hardware y software abierto como Arduino, Raspberry Pi, etc., incluyendo sensores y conexión por Internet.
3. Experimentos que definan la posibilidad de detectar un evento de depresión mayor en adultos mayores por medio de la “conciencia del contexto” y el IoT.

4. Planteamiento de un modelo para diseñar un “artefacto” que ayude en la identificación de la depresión y en su caso coadyuvar en la prevención o, en su caso, tratamiento (Ver Figura 1.2).



Figura 1.2 Propuesta del proceso de investigación y desarrollo de la misma (esquema del autor).

## Proceso seguido en la investigación

La realización de esta investigación consistió en realizar tanto un estudio teórico como un estudio empírico. El primero consistió en:

- Desarrollar un estado del arte de las áreas implicadas: búsqueda exhaustiva de los conceptos de Internet de las Cosas, *Context Awareness*, *e-Health*, reconocimiento gestual, sensores, sensores remotos y depresión en adultos mayores. Participación en foros y colectivos de investigación.
- Analizar diferentes aplicaciones *Open Source* o libres que permitan el reconocimiento gestual, así como el diseño y desarrollo de interfaces naturales.

El estudio empírico implicó:

- Elaborar primeros prototipos con sensores conectados soportados por red Wireless para la recopilación de datos, así como la(s) cámaras Web y procesadores de bajo costo como Arduino y Raspberry Pi
- Desarrollar un sitio web para el uso de médicos y familiares a través del cual monitorear mediante biomarcadores a personas adultas mayores.
- Desarrollar un segundo prototipo mejorado para el monitoreo de biomarcadores y el patrón de conducta en la vida cotidiana.
- Realizar una primera aplicación del sistema desarrollado con pacientes reales.
- Análisis de los resultados y conclusiones del estudio.

Cabe destacar que para el desarrollo de este trabajo se ha contado con la asesoría de especialistas de la salud expertos en psicología y geriatría del Instituto Nacional de Rehabilitación.

#### **a. Objetivo y límite de la investigación**

El objetivo general de esta investigación consiste en explorar la aplicación del Internet de las Cosas en el monitoreo de adultos mayores con depresión por medio de biomarcadores y patrones de conducta en la actividad diaria para prevenir un evento de depresión mayor.

Respecto a los objetivos particulares, la intención es:

1. Profundizar en el estudio del IoT. Así como conceptos que le rodean con es el caso del manejo de información, recopilación de datos por medio de sensores y comunicación Máquina a Máquina (m2m).
2. Profundizar en el estudio del concepto conciencia del contexto, así como conceptos que pueden rodearlo, como es el caso de reconocimiento gestual e interfaces naturales.
3. Revisar información del concepto *e-Health*, aplicaciones y derivaciones.

4. Revisar información sobre depresión en adultos mayores, tratamientos y propuestas existentes.
5. Elaborar un prototipo basado en el paradigma del IoT que mediante el reconocimiento gestual o de patrones de movimiento y sensores permita identificar un estado de depresión en adultos mayores y, en su caso, llevar a cabo acciones que permitan prever eventos de depresión mayor.
6. Aplicar el sistema en casos reales de pacientes para valorar la percepción de su aceptación por parte de los usuarios.

#### *Límites de la investigación*

Inicialmente no se lograban definir los límites de la investigación, ya que en un principio se pretendía detectar la depresión en adultos mayores; sin embargo, al ser tan subjetivos (de acuerdo a la Psicóloga Morales Tlapanco) los síntomas de la depresión y que en la mayoría de los casos los adultos mayores sufren de este padecimiento, se tuvo que modificar la intención inicial del estudio, derivando en un sistema que permita monitorear a adultos mayores con depresión (previamente diagnosticados) con el fin de evitar un proceso de depresión mayor, padecimiento que conlleva a cuidados más intensos y síntomas más severos.

El protocolo médico desarrollado, producto de esta investigación, determina los límites en cuanto a la selección de los pacientes. Se establecen parámetros como la edad, condición física-mental y de salud. Esto es de gran importancia, ya que un padecimiento de depresión, bien diagnosticado y con tratamiento (medicación) puede esconder los síntomas fisiológicos (estabilidad en el ritmo cardíaco). De la misma manera los pacientes tipo “muestra” deberían de presentar ciertas condiciones de salud o por lo menos tener bien identificados los padecimientos. Esto es para que medicamentos o trastornos (cardíacos, por ejemplo) no interfieran con un posible seguimiento de los biomarcadores.

## **b. Preguntas de Investigación**

La pregunta de investigación que ha conducido este estudio es: ¿Qué podemos aprender de aplicar el IoT?

Derivadas de ésta surgen otras, como son:

- ¿Puede el IoT coadyuvar al tratamiento y prevención de la depresión en adultos mayores?
- ¿Se puede utilizar hardware libre y software libre para crear un sistema de monitoreo para adultos mayores deprimidos?
- ¿Es posible monitorear a adultos mayores con depresión para evitar caer en un evento de depresión mayor?

## **c. Proposición de la investigación (supuestos)**

De estas preguntas se derivan los siguientes supuestos:

- El IoT es una herramienta útil en el monitoreo de adultos mayores con depresión.
- Se puede generar un sistema que permita llevar a cabo el monitoreo de adultos mayores depresivos para evitar episodios de depresión mayor.
- Los pacientes, médicos y familiares aceptan positivamente el uso de un sistema para el monitoreo de adultos mayores con depresión.

## Capítulo 2:

# **Marco Teórico**

## Capítulo 2: Marco Teórico

### Exploración cualitativa y cuantitativa del objeto de estudio

Para la formación del presente apartado se atenderá a responder la pregunta ¿Es el Internet de las Cosas un paradigma tecnológico que podría ayudar en el monitoreo de adultos mayores? Esto llevó a la búsqueda de literatura en diferentes medios como las bases de datos científicas, literatura especializada y consulta con expertos.

La variedad de acepciones del concepto IoT se presenta en un esquema que permitió visualizar la importancia del tema y los otros temas que se interrelacionan con el concepto. Para esto se revisaron y clasificaron diferentes *papers* en diversas bases datos, sitios web y libros especializados con los tópicos que nos llevan a una aproximación del estado del arte.

En esta sección se presenta el procedimiento por medio del cual se llegó a la selección de la temática para determinar el estado del arte. Para definir el concepto del IoT y sus tópicos se realizaron diferentes búsquedas en diferentes bases de datos en línea, entre ellas Web of Science, EBSCO Academic, EBSCO MedicLatina, Berkeley Electronic Press, IEEE Xplore UAM, ACM Digital Library, Medline ProQuest, Scielo Public Health (Scientific Electronic Library Online), PRO QUEST abi/Inform Global, ITESM CEM ProQuest, ITESM CEM IEEE Explore, INEGI y GoPubMed®, Web of Science, etc..

En las bases se utilizaron diferentes tópicos como: *Internet of Things (IoT)*, *e-health*, *health care*, *health*, *e-health care*, *mental*, *mental health*, *sensors*, *open source*, *gesture recognition*, *computer awareness*, *awareness*, *context awareness*<sup>4</sup>, *ubiquity*, *depression*, *embodied technology*, *elderly*, *detection* y *elderly care*. Se hicieron mezclas para obtener un total de 172,944 resultados.

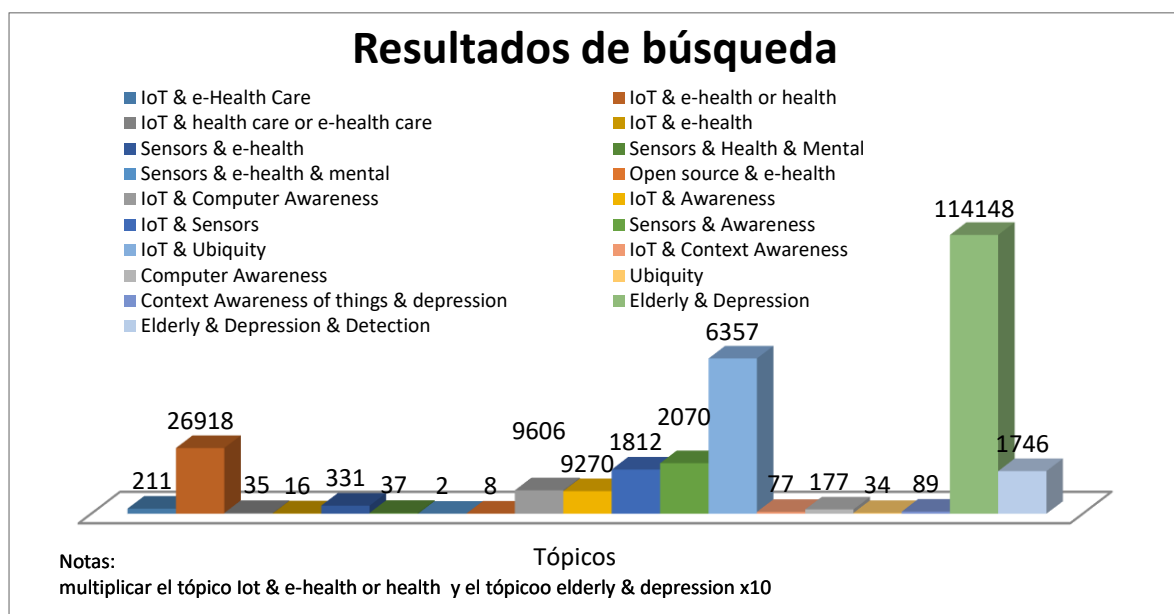
---

<sup>4</sup> Ver apartado de *Context Awareness* página 32.



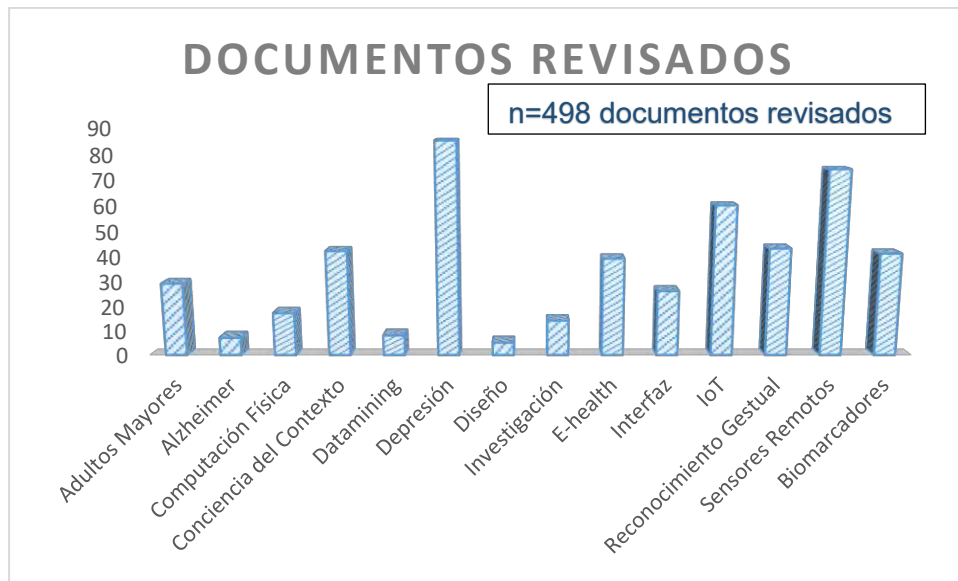
La antigüedad máxima de los artículos se estableció como límite de 5 años, sin embargo, en temáticas como la depresión es importante conocer antecedentes, por lo que se recurrió a documentación con más longevidad.

La combinación de tópicos dio diferentes resultados, como se puede ver en la Gráfica 1. Es importante resaltar que en su mayoría se combinaron con IoT y las combinaciones de tópicos con mayor número de apariciones, como es el caso de la mezcla “IoT con e-Health or health” se encontraron 26,918 resultados, al igual que la mezcla de “elderly & depresión” que dio como resultado n=114,148 *papers*, obligaron a refinar la búsqueda para obtener información más específica.



**Gráfica 2.1 Tópicos revisados en las bases de datos (gráfica del autor)**

Conforme se avanzaba en la investigación, se seleccionaron sólo los documentos con contenido relevante, además de que se integraron sitios Web (de reconocido prestigio), libros y hasta entrevistas personales. El total de documentos se presenta en la gráfica 2.2.



**Gráfica 2.2 Gráfica que presenta el total de documentos revisados (gráfica del autor)**

Durante el avance de la revisión de la información, fue necesario incluir temáticas derivadas como la experiencia de usuario (U/X).

Del total de resultados se descartaron algunos que no eran pertinentes a la investigación, por ejemplo, el tópico de *computer awareness* que no tiene relación con la temática de la investigación. Al final se eligieron los artículos de acuerdo a la temática de la siguiente manera:

- 39 artículos con tema principal *e-Health*.
- 60 artículos con tema principal IoT.
- 43 artículos de software de reconocimiento gestual.
- 74 artículos con tema principal sensores remotos y *e-Health*.
- 85 artículos o libros del concepto de Depresión y Depresión en adultos.
- 42 artículos de conciencia del contexto o *Context Awareness*.
- 26 artículos de interfaz natural.
- 17 computación física.
- 29 artículos de adultos mayores.

- 7 artículos del concepto de Alzheimer.
- 8 artículos o libros de *datamining*.
- 5 libros o documentos de diseño.
- 14 libros o documentos de metodología de investigación.
- 41 artículos o libros relativos a biomarcadores fisiológicos y psicológicos.
- 8 artículos o libros del tema experiencia de usuario U/X
- **TOTAL: 498 artículos o documentos revisados.**

Considerando lo anterior, se necesitaba validar de cierta forma la relevancia de la temática seleccionada; Así pues, se presenta la segunda pregunta a responder: **¿El tema “Depresión en adultos mayores y el IoT” es relevante como para realizar una investigación avanzada?**

Para responder esta pregunta, se llevó a cabo una encuesta a diferentes autores relacionados con la temática (depresión en adultos mayores e Internet de las Cosas). Las respuestas de los expertos buscan una validación de la temática y de su pertinencia de investigación propuesta. Se llevaron a cabo dos consultas. La primera se llevó a cabo con expertos en las diferentes áreas disciplinares en viva voz. La segunda se realizó por medios electrónicos.

La primera consulta se dividió en áreas disciplinares para desarrollar el proyecto. Básicamente en el área de IoT recibimos el apoyo de Rob van Kranenburg, en el Área Psicológica de la Lic. María del Pilar Morales Tlapanco; en la Geriátrica, de la Dra. Blanca Mejía. Ambas del Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) y en el área de programación, al Ing. Iván Gutiérrez P. del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

La segunda consulta se realizó por medio de correo electrónico; por este medio se envió una petición de participación a los autores de los 472 artículos inicialmente revisados, específicamente los que tenían disponible o vigente el correo electrónico que aparecía en su documento. Se les envió a los autores como adjunto un resumen en el que se les

explicaban las intenciones del proyecto y se les pedía que de la misma forma llevaran a cabo una evaluación contestando el cuestionario<sup>5</sup> que se presenta a continuación:

#### Cuestionario

1. ¿Se podrá generar un nuevo modelo de tratamiento de la depresión por medio de El Internet de las Cosas?

*Could we create a new model of treatment for depression through the Internet of Things?*

2. ¿La aplicación y uso de la tecnología de sensores es una alternativa para el tratamiento de la salud mental?

*Is the application and use of sensor technology an alternative for the treatment of mental health?*

3. ¿Podrán los sistemas actuales de video y reconocimiento de gestos ayudar en la detección de conductas que indiquen un estado de ánimo depresivo?

*Are current video systems and recognition of gestures able to help in detecting behaviors that indicate a depressive mood?*

4. ¿El contexto ambiental (iluminación, temperatura, humedad, sonido ambiental) interviene en el estado de ánimo en adultos mayores?

*Is the environmental context (lighting, temperature, humidity, ambient sound) involved in mood in the elderly?*

5. En caso de una detección de estado de depresión en adultos mayores por medio de la tecnología, será importante...

*In case of a state detecting depression in the elderly by technology, it is important ...*

*...Dar aviso al médico / give notice to the doctor;*

*...Iniciar acciones que contrarresten la depresión / Initiate actions to counteract depression:*

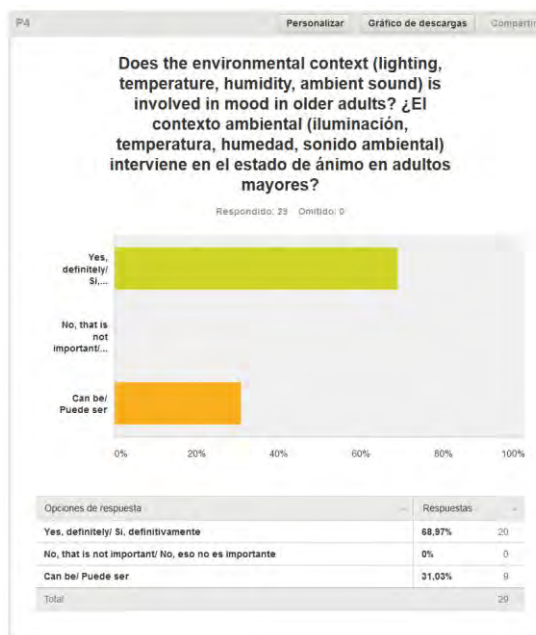
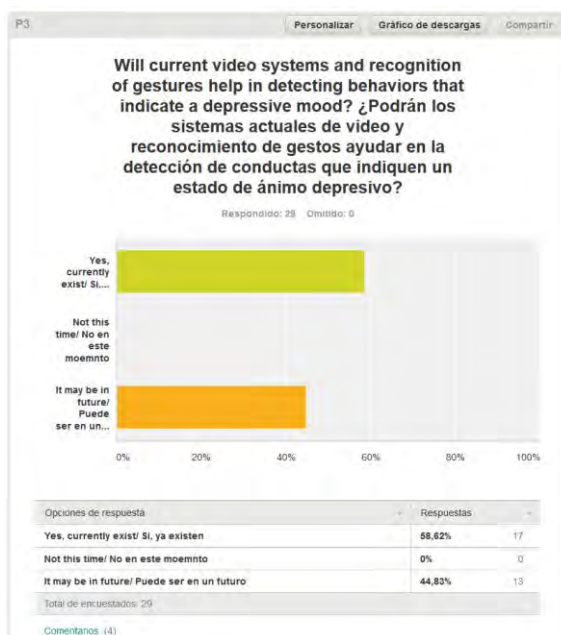
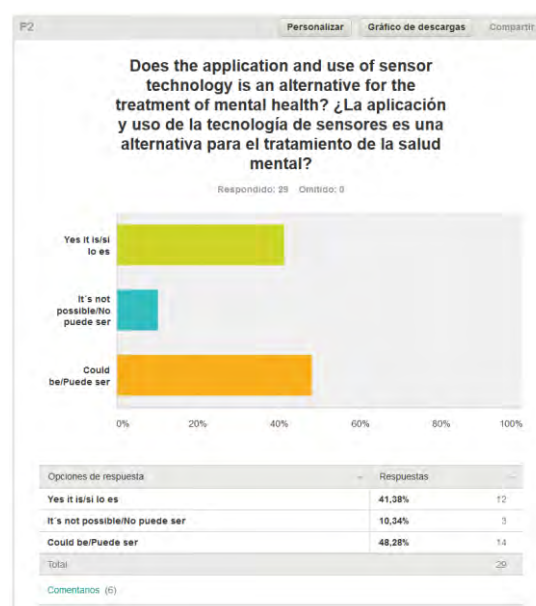
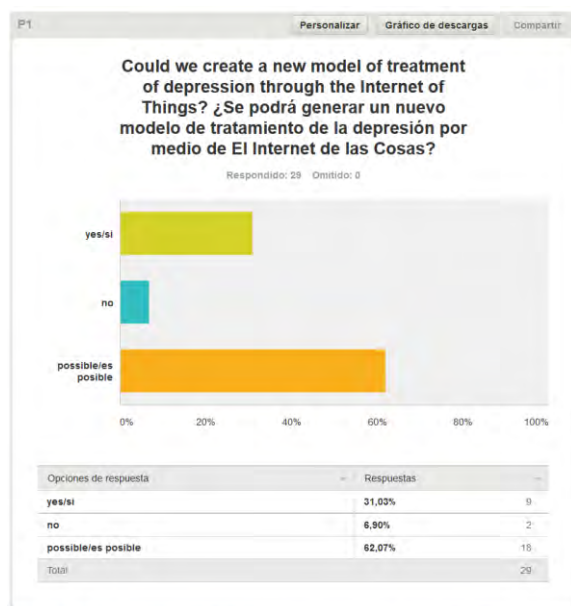
*...Dar aviso a familiares / Give notice to family;*

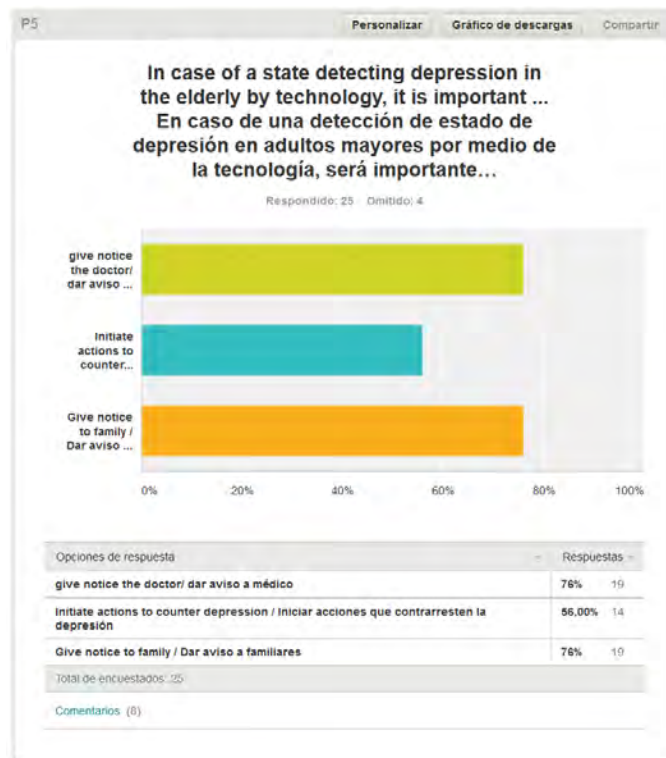
*...No hacer nada / Do nothing*

---

<sup>5</sup> Se utilizó como recurso el sitio *Survey Monkey*: <http://es.surveymonkey.com/s/NX7VGDM>

Los resultados obtenidos se muestran de forma gráfica (Ver Gráfica 2.3), lo que permite llevar a cabo una evaluación cuantitativa de las diferentes opiniones. Hubo muchos autores que no respondieron; sin embargo, hubo otros tantos que no sólo respondieron, sino que dieron aportes y opiniones que merecen ser rescatados. Estos comentarios se pueden ver en el Anexo A. A continuación, se presentan las gráficas de los resultados:





**Gráfica 2.3 Resultados (5) de la consulta con expertos (gráficas del autor).**

De la pregunta anterior se derivaron diferentes preguntas como *¿La tecnología Open Source y Open Hardware<sup>6</sup> permitirán desarrollar un sistema para monitorear a los adultos mayores con depresión?* Para esto se generó una búsqueda y experimentación de diferente *Software* y *Hardware*, básicamente del tipo abierto o en su caso *Open Source*, con la finalidad de evitar el costo del pago de licencias, derechos y que permitan la reproducción en cualquier ámbito de la sociedad, si acaso, imponer licencias del tipo *Creative Commons*<sup>7</sup> para proteger autoría y ceder derechos (Ver Caso 1).

<sup>6</sup> Se llama *hardware* libre a los dispositivos de *hardware* cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago o de forma gratuita. El *software* libre se refiere a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, y estudiar el mismo, e incluso modificar el *software* y distribuirlo modificado (nota del autor).

<sup>7</sup> <http://creativecommons.org/>

## ¿Qué es el Internet de las Cosas?

El IoT se ha definido como una evolución del Internet o un “Nuevo Internet” que permite la interacción entre personas, entre objetos y entre personas con objetos. Esto plantea una nueva era de ubicuidad en donde se dan nuevas formas de comunicación usando (Tan, 2010) estándares “abiertos” y servicios “persuasivos<sup>8</sup>” (Bazzani, *et. al.*, 2012). Por otra parte, se dice que el IoT se refiere a la interconexión en red de los objetos cotidianos que a menudo están equipados con inteligencia ubicua (Xia, *et.al.*, 2012).

Kranenburg (2007) plantea que el IoT se compone de varios protocolos tecnológicos para lograr esta conectividad, dentro de la arquitectura IP<sup>9</sup>, particularmente el IPv6<sup>10</sup> permite la interconexión entre sensores, dispositivos económicos de detección, *smartphones*, tabletas electrónicas, Internet, software y aplicaciones (ya sea propietario o en la nube) para lograr la identificación, la gestión inteligente, remota y comunicación en un entorno de conectividad heterogénea (Istepanian, *et. al.*, 2011), en donde se

---

<sup>8</sup> Se entenderá como “Abiertos” (*Open*) a todo el *Software*, *hardware* y elementos relacionados que permiten el libre uso, modificación y distribución. Y el elemento “Persuasivo” (*Pervasive*) o Penetrante al concepto de Ubicuidad, Inmersivo (La computación ubicua sitúa a la computadora en todo el espacio, objeto y ámbitos que nos rodean).

<sup>9</sup> El “*Internet Protocol*” (IP) es el método o protocolo por el cual los datos son enviados de una computadora a otra por medio del Internet. Cada computadora (conocida como Huésped o Host) tiene al menos una *IP Address* con única identificación que diferencia a las otras computadoras en Internet (Target, 2008). Ver glosario.

<sup>10</sup> El protocolo IPv6 se lanzó el 6 de junio del 2012 por la “*Internet Engineering Task Force*” (IETF) bajo el proyecto “*Internet Protocol for Next Generation*”. Esta versión pretende “resolver los problemas direcciones IP, dando espacio de direcciones prácticamente infinito; posibilidad de autoconfiguración de varios dispositivos con puertos de red (computadoras, ruteadores, agendas electrónicas, teléfonos inteligentes, etc.); mejor soporte para seguridad (con IPSec), computación móvil, calidad de servicio; un mejor diseño para el transporte de tráfico multimedia en tiempo real, aplicaciones para *anycast* y *multicast*; así como diversos mecanismos de transición gradual de IPv4 a IPv6 y de comunicación entre equipos de ambas versiones” (Alcántara, 2013).

desarrollaron aplicaciones Web escalables y accesibles, como puede ser el caso de la salud o *e-Health*, por ejemplo (Doukas, 2012).

El IoT pretende mejorar nuestro quehacer en la vida cotidiana mediante el manejo adecuado de la información y la transformación de la misma haciendo que los “procesadores” puedan percibir e integrar el presente; para reaccionar en todo tipo de aspectos del mundo físico (Aberer, *et.al.*, 2006). Chui, Löffler, & Roberts (2010) dicen que “...cuando los objetos pueden sentir el ambiente y comunicarse entre sí, se convierten en herramientas para comprender la complejidad y responder a ella con rapidez...” Esto, de alguna manera, permitirá crear contextos que mejoren la calidad de vida de los seres humanos, ayudando a los responsables de tomar decisiones mediante la recolección de datos de una gran red de sensores (Chui *et. al.*, 2010).

El IoT asume que los objetos tienen una función digital y pueden ser identificados automáticamente. Se da una interacción embebida en donde el objetivo principal es buscar nuevas oportunidades que eleven la interacción entre sistemas y aumenten el valor de uso de los objetos (Kranz, *et.al.* 2010).

En esta interacción entre el mundo físico y el mundo de información, los sensores juegan un papel muy importante (Zhikui Chen, *et.al.*, 2011), recogiendo datos en de un entorno, generando información que permite la sensibilización sobre el contexto, haciendo que se pueda monitorear cada posible cambio y, si es necesario, ejecutar las acciones necesarias para equilibrar o mantener las condiciones de dicho entorno (Tan, 2010). IoT incrementará la ubicuidad de Internet integrando cada objeto para la interacción por medio de sistemas embebidos que guiarán a una red de dispositivos altamente distribuida que se comunican con los seres humanos, así como con otros dispositivos (Xia *et. al.*, 2012).

Es importante recalcar que el concepto de IoT tiene muchas variantes como resultado de la variedad de productos, servicios y tecnologías que se involucra. Estos términos pueden variar, y tenemos algunos ejemplos como: tecnología ambiental, tecnología ubicua,



computación ubicua, red de sensores, sensor Web, red inalámbrica de sensores, polvo inteligente, ciudades inteligentes, datos inteligentes, malla inteligente, *cloud data*, Web 3.0 y sistema de nombramiento de objetos. Es probable que existan otros nombres y que se confunda con conceptos similares (Uckelmann, *et.al.*, 2011). Citado en (Kranenburg et al., 2007).

### ***Importancia del IoT***

La importancia del IoT ha sido reconocida en muchos países como un aliciente para el futuro crecimiento económico y la sustentabilidad. Desde 2006 la Comisión Económica Europea puso en marcha consultas públicas y estimuló debates públicos con respecto al RFID y el IoT dando relevancia a las cuestiones políticas como la gobernabilidad y la privacidad, entre otros. En 2008 la Presidencia Francesa de la Unión Europea determinó el futuro del Internet en relación al IoT. Al mismo tiempo, Estados Unidos de Norteamérica realizó estudios acerca de la importancia del IoT y el poder económico. En el 2009 China anuncia la intención de impulsar la creación de redes de sensores inalámbricos; cabe mencionar que, como se ha visto, es una de las tecnologías del IoT (Sundmaeker, 2010).

El concepto de IoT fue adoptado por la Unión Europea en la Comisión de la Comunicación en RFID, publicada el 28 de marzo de 2007. Previamente se discutió y debatió en un seminario organizado en Bruselas por la Sociedad de la Información de la Comisión Europea y la Dirección General de Medios de Comunicación (DG INFSO) el 6 y 7 de marzo de 2006.

Las conclusiones del Consejo respecto al Futuro de las Redes y el Internet se dieron a conocer en noviembre de 2008, en donde:

- “Reconoce que el IoT está en un punto de desarrollo y da lugar a posibilidades importantes para el desarrollo de nuevos servicios, además que también representa riesgos en términos de la protección de privacidad individual.

- La Comisión dio la bienvenida a la intención de “adoptar en 2009 una comunicación sobre la IoT, la presentación de temas de arquitectura (tecnológica), gobernabilidad e identificando una serie de acciones concretas para iniciar, y...”.
- Invitar a los Estados Miembros de la Comisión a “profundizar, con respecto a IoT, la reflexión sobre el desarrollo de arquitecturas descentralizadas y promover una buena gestión de red compartida y descentralizada” y “contribuir a garantizar la confidencialidad, la seguridad, la privacidad y la ética en la gestión de los datos que se intercambiarán en el IoT, por ejemplo promoviendo en su caso la posibilidad de desactivar los chips RFID o cualquier otro medio que proporciona un control y empoderamiento del usuario (Sundmaeker, 2010)”.

Los puntos antes mencionados tienen aproximaciones con fortalezas y debilidades. En cada uno de estos se destaca la necesidad del balance entre la importancia técnica, seguridad y privacidad, siempre tomando como base al “Ciudadano” o usuario final. Sin embargo, quedan vacíos en los efectos que tendrán las nuevas relaciones entre tecnología y sociedad, en donde la producción se dará a nivel de masas (*Crowdsourcing*) entre iguales y podría tener efectos catastróficos como ha sido en la creación de enciclopedias, software, etc. (Benkler, 2006).

Para evitar esto, basados en diferentes experiencias, Kranz, et.al. (2010) se plantean una serie de guías para la incorporación de las interfaces IoT en la vida cotidiana de las personas:

- “Información cuando y donde es requerida: proveer información al usuario incrementa su habilidad para hacer una toma de decisiones informadas. Por lo general, la información se incrusta en los puntos donde se toman las decisiones o cuando el usuario tiene opciones.
- Provisión de información sin interacción explícita: tomar en cuenta de proporcionar información relevante sin que el usuario requiera solicitarla o configurarla.

- Exceso de información: el IoT provee muchas oportunidades y elimina las limitaciones a los usuarios por medio de los elementos de entrada/salida de los dispositivos.
- Componentes especializados: para tareas específicas o usuarios objetivos, considerar usar un dispositivo específico o técnica de interacción. Esto puede hacer más eficientes las tareas o los componentes más fáciles de usar que un dispositivo genérico.
- Visibilidad: considere cuidadosamente el equilibrio en la visibilidad de los controles y la integración perfecta en el diseño de productos.
- Uso accidental: evite el uso accidental; de lo contrario, el usuario podría tener miedo de iniciar acciones involuntariamente y por lo tanto abstenerse de utilizar un dispositivo en absoluto.
- El dilema de la invisibilidad: realizar el traslado de una tecnología a otra, en el IoT, de manera invisible o transparente. El comportamiento de un objeto no debe cambiar; sin embargo, se debe percibir un valor añadido.
- Ciclo de vida corto o largo: se debe tener cuidado de que los dispositivos funcionen un tiempo satisfactorio antes de necesitar recarga, sustitución o similar. El facilitar el acceso al cambio de baterías puede ser una solución.
- Prototipado rápido: utilizar herramientas de Prototipado rápido para explorar de forma efectiva el diseño y sus espacios en un tiempo adecuado y de bajo costo.
- Apoyo en el modelado: proporcionar apoyo a los modelos formales, que pueden ahorrar grandes cantidades de tiempo y dinero, por ejemplo, al proporcionar estimaciones de uso”.

Lo más destacable es que, incuestionablemente, la mayor fuerza de la visión del IoT es el alto impacto en muchos y diferentes aspectos de la vida diaria y en la conducta de los usuarios potenciales (Bandyopadhyay, 2011).

## ¿Cómo surge el Internet de las Cosas?

El término “Internet de las Cosas (IoT)” fue inicialmente propuesto por Kevin Ashton en 1999 (Kranenburg *et al.*, 2007) del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en investigaciones concernientes a la identificación por radio frecuencia (RFID<sup>11</sup>) y tecnologías emergentes de sensores (Zhikui Chen, *et. al.*, 2011) y en su momento fue denominada una “Tecnología Disruptiva”, término que Clayton Christensen introdujo en 1995 (Sundmaeker, 2010).

Se plantean dos fases del surgimiento del IoT. La primera fase comprende el periodo de 1990 a 2005, iniciando cuando Mark Wiser de Xerox Park publica “*The Computer for the 21st Century*”. La segunda fase inicia a partir del año 2005 y hasta el presente. En esta fase se destaca la creación o construcción de tecnologías y conceptos que conciernen al IoT, como es el caso de “computación ubicua”, “computación persuasiva”, “computación embebida”, “inteligencia ambiental”, etc. La mezcla de conceptos permite visualizar la fusión de los objetos con los *Social Media*<sup>12</sup> (Kranenburg *et al.*, 2007).

Otro punto de partida es el concepto de las interfaces perceptuales (*Perceptual Interfaces*), que, en la medida que se da la evolución tecnológica, retoma elementos como la capacidad de “visión” de los procesadores, el procesamiento de la voz, de sonidos y la entrada/salida (*Input/Output*) por medio de elementos hápticos. Con la masificación de la tecnología, el uso de la computadora se fue haciendo cada vez más cotidiano y las interfaces se han hecho cada vez más naturales, intuitivas, adaptativas y no obstrusivas (Turk, 2003). Sin embargo, este concepto se ha quedado corto, ya que el surgimiento de sensores y la inclusión de la interconectividad, especialmente el Internet dejó a las interfaces perceptuales en un segundo y hasta un tercer plano, pero sin dejarlas fuera.

---

<sup>11</sup> RFID *Radio Frequency Identification*.

<sup>12</sup> *Social Media*: se refiere a la redefinición de la comunicación mediante la interacción del usuario (Business, 2013).

El IoT también se ha denominado la *Web of Things* (WoT) en donde el concepto es el mismo, pero utiliza la World Wide Web como elemento de interconexión. Los planteamientos son los mismos, pero se quedan reducidos a visualizar la comunicación entre objetos o personas mediante un navegador o “*browser*”. Es importante hacer notar que en E.E.U.U. es más común esta acepción del término IoT (Mathew, Atif, Sheng, & Maamar, 2011).

En el inicio del IoT se planteaba la tecnología RDFI como el pivote que permitía a los objetos ser, primero identificados y, segundo conectados por medio de ondas de radio (Tan, 2010). La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología que permite leer y escribir información en pequeños dispositivos (etiquetas RFID). El propósito principal es permitir la identificación de entidades mediante ondas de radio. Existen dos modalidades de esta tecnología: la pasiva y la activa. En la pasiva, el funcionamiento es muy parecido a lo que es un lector de códigos de barras; la etiqueta se debe pasar muy cerca de un lector para que éste pueda leer o escribir información. En la activa, un lector puede comunicarse con las etiquetas a distancias no mayores a 10 metros. La primera no necesita alimentación de energía o de funcionalidad especial, mientras que la segunda sí. Existe también un híbrido (pasivo y activo) que funciona muy parecido a la modalidad pasiva pero permite una distancia mayor que ésta (California, 2007).

El RFID es sólo el comienzo, ya que han aparecido tecnologías nuevas que apoyan el IoT, como los sensores de bajo costo y alta precisión, además de la aparición del Hardware Abierto. De la misma forma han aparecido diferentes aplicaciones, plataformas y componentes como la “*Cross Ubiquitous Platform*” (CUBIQ) proyecto que apunta al desarrollo de una plataforma común que facilite el desarrollo de aplicaciones sensibles al contexto. Ésta es una plataforma integrada que ofrece acceso unificado de datos, procesamiento y servicios ubicuos de tal manera que se tienen, nuevamente, tres capas: la capa de recursos, la capa de procesamiento y una capa de procesamiento inter-contextual. (CUBIQ, citado en Kranenburg *et al.*, 2007). La generación de objetos y la interconectividad, especialmente la interconectividad inalámbrica está promoviendo toda

clase de aplicaciones, plataformas, servicios y objetos en redes. Muchas personas se comunican por medio de procesadores móviles en pequeños objetos y hasta en automóviles, juegos, ahora hasta en ropa inteligente, juegos inmersivos y persuasivos y hasta ambientes inteligentes (Kranenburg, 2008).

### ***Composición del IoT***

El IoT se divide en tres capas desde el punto de vista de la arquitectura tecnológica (Zhikui Chen, *et. al.*, 2011): la capa de percepción, la capa de la red y la capa de la aplicación. La capa de la percepción consiste en varios sensores y puertas de enlace para los sensores. La capa de red incluye Internet, una serie de redes privadas, una red de comunicaciones un sistema de administración de la red, que resulta ser el nervio central y cerebro que transmite y procesa la información que obtiene la capa de percepción. Y la capa de aplicación es la Interfaz entre el IoT y los usuarios. Existe un modelo similar de cuatro capas en donde la diferencia es una capa adicional de soporte y que no es otra cosa que la integración de las tecnologías comunes que se han aplicado en las otras tres capas (Ning & Hu, 2011). Chen, *et. al.* (2011) pone la capa de percepción en el fondo, seguido de la capa de red y finalmente la capa de aplicación.

Por otro lado, Ning(2011) presentan la conformación del IoT desde la visión de un Internet 3D en el que se involucran diferentes tecnologías y se dividen en tres dimensiones:

- “La primera es el Cuerpo: Cuerpo-IoT-cuerpo, como en la ingeniería de hardware, incluye todo tipo de sensores, redes y centro de datos. Además de los dispositivos físicos, el carácter de esta dimensión también aborda el rendimiento del dispositivo, acceso a la red, interoperabilidad, flexibilidad y fiabilidad. Además de cumplir con el desarrollo de la infraestructura en regiones subdesarrolladas como una obligación.
- La segunda el Procesamiento: Se refiere a la ingeniería de software. Muchas de las funciones se incluyen aquí: la identificación, la codificación, la resolución, la transmisión, el almacenamiento, la búsqueda, la seguridad, y así sucesivamente.

El procesamiento en el IoT se centrará en los requerimientos existentes intrínsecos de los dispositivos y el deseo de la humanidad, no en los de los dispositivos.

- La tercera dimensión es la inteligencia. La inteligencia incluye el manejo avanzado de las redes, control, percepción automática y otros. “Auto” es su característica, así como la auto-recuperación, auto-organización, toma de decisiones, autogestión, auto-descubrimiento y así” (Ning, 2011).

En cada una de estas capas se ha dado un avance significativo y en gran parte ha sido por la reducción de los costos de los sensores y los procesadores, lo que ha dado paso a más y mejores dispositivos de sensores, redes de sensores heterogéneos que podrán ser desplegados para apoyar la visión del IoT (Aberer, et.al., 2006).

### ***La seguridad en el IoT***

Uno de los principales temas de oposición para el desarrollo en el IoT es la seguridad. Desde que surgió el concepto se han planteado situaciones adversas con respecto a la seguridad de los datos recolectados mediante los diversos dispositivos o sensores y cumplir, en la medida de lo posible, con los requerimientos de seguridad y evitar todas las dudas que puedan surgir por parte de los usuarios. IoT, ya sean datos personales o actividades que se llevan a cabo. Partiendo de esto, se ha buscado establecer los protocolos y parámetros necesarios para determinar los parámetros de seguridad y los recursos necesarios.

La pregunta entonces es ¿cómo asegurarse de que, a pesar de estas condiciones adversas, el Internet de las Cosas es un ambiente agradable, abierto, seguro y de apoyo? y, en general, un ambiente con el que las personas se comprometen; o de hecho, un ambiente en el que viva la gente (Hoepman, 2011). Para evitar que esta visión se convierta en nuestra peor pesadilla, se tienen que aplicar garantías para proteger la privacidad y mantener la seguridad. Esto requiere de muchos esfuerzos ya que, como dice Schneier (Citado en Hoepman, 2011) "...el límite entre el interior y el exterior desaparece (desaparición de los perímetros), los datos se almacenan y se procesa en la

nube (descentralización), cada vez más, un ordenador de propósito general se sustituye por dispositivos de propósito especial (desconcentración), y el software inteligente y los dispositivos permiten cada vez más hacer las cosas a nuestro favor (despersonalización)".

Los conceptos relativos a la privacidad, seguridad y confiabilidad cambian o tienden a tener diferentes interpretaciones de acuerdo a los operadores y su conveniencia. Es por eso que definiremos, de acuerdo a Hoepman (2011):

- "Privacidad: En un mundo de sensores y actuadores que nos rodean y nos apoyan en nuestro día a día, la privacidad es obviamente una gran preocupación. La privacidad (a veces vagamente definida como el "derecho a ser mucho menos") se considera un derecho humano fundamental en muchas sociedades. Es "esencial para la libertad, la democracia, el bienestar psicológico, la individualidad y la creatividad". La privacidad tiene muchas dimensiones (corporal, de relación, etc.), pero para el propósito de este trabajo nos centramos en el aspecto de la protección de datos de la misma (Hoepman, 2011).
- Seguridad: las preocupaciones sobre integridad, autenticidad y disponibilidad graves surgen también con respecto al Internet de las Cosas. La cuestión también debe abordarse a nivel de gestión. ¿Quién está a cargo? Y cuando algo sale mal, ¿quién es responsable? Estas preguntas no se responden tan fácilmente en un sistema omnipresente como el Internet de las Cosas en el que no existe "punto de la autoridad de uno solo" (Hoepman, 2011).
- Confiabilidad: Un problema aún más relevante que en parte es subyacente a los problemas de seguridad y privacidad asociados con el Internet de las Cosas, es el de la confianza o, mejor dicho, confiabilidad. En sociología, la confianza se define cuando un actor confía en otro actor, que está dispuesto a asumir una posición abierta y vulnerable. Se espera que se abstengan de conductas oportunistas, aunque existe la posibilidad de mostrar este comportamiento. Un sistema es confiable si el riesgo de usar el sistema para un propósito en particular puede ser



estimado de forma fiable por el usuario mediante herramientas de terceros bajo su propio control, y / o el uso de datos de terceras partes de su propia elección.” (Hoepman, 2011)

Como ya se ha dicho, dos cuestiones importantes son la privacidad de las personas y la confidencialidad de los procesos de negocio. Para garantizar la reserva, existe un gran número de tecnologías de cifrado o encriptado estándar para su uso. Sin embargo, el principal desafío es hacer que los algoritmos sean de cifrado más rápido y tengan un menor consumo de energía, aunque la tecnología de la preservación de la secrecía se encuentra todavía en su infancia, puesto que gran cantidad de sistemas no están diseñados para dispositivos con recursos limitados y aún no se ha desarrollado una visión que integre todo tipo de dispositivos o aplicaciones.

La heterogeneidad y la movilidad de la IoT agregan complejidad a la situación. Desde un punto de vista jurídico, algunas cuestiones siguen lejos de estar claras y necesitan una interpretación jurídica que vaya de acuerdo al impacto de la ubicación (región del mundo) en cuanto a la regulación de la privacidad y la cuestión de la propiedad de los datos en las nubes e incluso el caso del anonimato de datos, que en muchos casos, puede permitir cierta privacidad (Bandyopadhyay, 2011).

### ***La Tendencia del IoT***

La situación actual del IoT muestra tres enfoques globales con el objetivo de construir una arquitectura de referencia que rija sobre un marco para la toma de decisiones, así como la colaboración del gobierno, sistemas tributarios, infraestructura genérica, marcos jurídicos y resiliencia<sup>13</sup>. Estos son (Kranenburg *et. al.*, 2007):

---

<sup>13</sup> Resiliencia: capacidad humana de asumir con flexibilidad situaciones límite y sobreponerse a ellas.

- Un enfoque integrado como se da en China, en donde se están desarrollando proyectos importantes como la conversión de la ciudad de Wuxi en una “Ciudad Inteligente” regida por el IoT.
- Un enfoque desde las “Partes Interesadas” o “Planteadores de propuestas” (*Stakeholders*) como lo es el caso de los inversionistas que buscan desarrollar proyectos y obtener ganancias.
- Un enfoque con aproximación a la oportunidad de “Inversión”.

Estos enfoques se ven concentrados en la explosión del desarrollo tecnológico para el procesamiento de información. En la actualidad el número de Computadoras y dispositivos conectados va en aumento. Tan sólo en 2010 había 1,500 millones de computadoras personales conectadas a Internet y más de 1 millón de *Smartphones*. Se prevé que para 2020 haya conectados de 50,000,000 a 100,000,000 procesadores.<sup>14</sup> Las mismas proyecciones para ese año indican que el número de sesiones de procesadores móviles será 30 veces mayor que el número de sesiones para personas con procesadores móviles, por lo que, si se toman en cuenta las comunicaciones de máquina a máquina, además de las comunicaciones entre todos los tipos de objetos, el número potencial de objetos a conectarse vía Internet se eleva a 100,000,000,000<sup>10</sup>. Esto da lugar a un nuevo paradigma en el que la línea entre objetos y átomos se desdibuja (Sundmaeker, 2010).

Para el año 2050, el 70% de los habitantes de la Tierra vivirá en ciudades, esto hace que cada vez sea más interesante el estado para hacer negocios. Un ejemplo es la ciudad de New Songdo en Korea. Esta ciudad es la “Smart City” más famosa, debido a que ha cubierto en todos los aspectos la infraestructura tecnológica, incluyendo transporte,

---

<sup>14</sup> Se ha decidido llamarle “procesadores” a la gama de computadoras personales, *smartphones*, tabletas electrónicas y demás posibilidades de aparatos con conexión a Internet.

servicios públicos, densidad poblacional, espacios abiertos y parques, en pocas palabras todo lo que puede incluir en una “Zona Urbana” (Sundmaeker, 2010).

Estas Ciudades Inteligentes y la idea de interoperatividad e interconectividad están tendiendo a realizarse por medio de una estandarización abierta y global. Esta estandarización global propone un nuevo paradigma: el Internet de las Cosas Avanzado (Pos sus siglas en inglés *Advanced Internet of Things*, AIoT), que es el trabajo resultante de la combinación de normalización, un diseño de arquitectura, despliegue de la aplicación, así como su modelo de negocio. El AIoT propone basarse en un Lenguaje Unificado de Descripción de Objetos (*Unified Object Description Language*, UODL) que permita identificar e interconectar fácilmente a los objetos con un formato estándar; haciendo que la información relacionada a los objetos sea transparente a través de las redes; haciendo más fácil y flexible, para terceras partes, el control y la gestión a través de las redes (Zhang, 2011).

El proceso de estandarización en el IoT es lento debido a la falta de acuerdos influenciados en los intereses económicos. Las principales normas están a cargo de diferentes agencias como lo son: la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Organización internacional de Estándares (ISO), la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), GS1/EPC Global, la agencia de Ingeniería Eléctrica Electrónica (IEEE), En Europa, el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI) y el Comité Europeo para la Estandarización Eléctrica (CEN/CENELEC). En China el Ministerio de Industria y Transformación Tecnológica, La Asociación China de Estándares en Comunicación Y el Instituto Chino de Estandarización Electrónica (CESI). En Estados Unidos de Norte América está el cuerpo del Instituto Americano de Estándares Nacionales (ANSI) (Chinese Communication Network, 2010).

Esta tendencia es difícil, ya que por el momento el IoT se encuentra en una etapa muy temprana y por lo tanto muy fragmentada la infraestructura como para tener un desempeño totalmente funcional, al menos en forma global. Por otra parte, la mayoría de los estudios del IoT se enfocan al RFID y las Redes Inalámbricas de Sensores (WNS)

y pierden el enfoque principal del IoT, ya que dejan de lado las propuestas de obtener información del ambiente y la comunicación persona a persona. Por último, la mayoría de las soluciones propuestas hasta el momento se han limitado por el propósito tradicional de “interconectar y seguir” a los objetos (Zhang, 2011).

La visión de IoT es el futuro del Internet que se puede definir como la infraestructura de una Red Dinámica Global con capacidad de autoconfigurarse, basada en protocolos de comunicación estándar e interoperable, donde “cosas” físicas y virtuales tienen identidades propias, atributos físicos y personalidades virtuales y utilizan interfaces inteligentes y están perfectamente integrados en la red de información (Sundmaeker, 2010).

Sin embargo, el IoT actualmente es una realidad, aún se tendrán que hacer muchos cambios que permitan tener la infraestructura adecuada, creación de hardware y software. En años anteriores sólo era posible si se identificaba un beneficio económico, situación que en la actualidad puede ser plenamente identificado (Haller, et.al., 2009).

#### **a. Conciencia del Contexto**

El concepto de *Context Awareness* (CA) o conciencia del contexto<sup>15</sup> surge de la computación ubicua (Bardram, 2004) y su objetivo es adquirir y utilizar información acerca del contexto de un dispositivo para proporcionar servicios adecuados a la configuración

---

<sup>15</sup> Una definición de contexto bien conocida, relacionada con el contexto específico de la aplicación se propone como “...cualquier información que se puede utilizar para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad es una persona, lugar u objeto que se considera relevante para la integración entre un usuario y una aplicación, incluyendo el usuario y los “propios” de la aplicación. A partir de esta definición, se podría deducir que el contexto es un conjunto de situaciones y acciones. Estas situaciones obligan a cambiar con el tiempo, describiendo las conductas de los seres humanos, así como la aplicación y estados del medio ambiente, siempre que se apliquen medidas específicas.(Anagnostopoulos *et al.*, 2006).

particular, refiriéndose a la situación física y social en la que están integrados los dispositivos computacionales; en otras palabras, significa detectar la información del entorno, de las terminales propias y de los usuarios, y luego utilizar los recursos necesarios o servicios adecuados para el propósito particular, de acuerdo a las diferentes situaciones (Zhen Chen, *et.al.*, 2011).

El CA también es visto como un conjunto de soluciones del tipo middleware<sup>16</sup> que manejan la información contextual del ambiente (Barbero, *et.al.*, 2011) y responden racionalmente en una dirección a diferentes situaciones, escogiendo acciones que den el mejor resultado esperado, logrando no solo un ambiente conectado, sino también más inteligente (Amato, *et.al.*, 2012).

Los datos se obtienen para el CA de muchas fuentes tales como micrófono, cámara, giroscopio, acelerómetro, luminancia, Sistema de Posicionamiento Global (GPS), entre otros que están disponibles para la detección y la captura de la información contextual. Entre ellos, las fuentes de audio / visual y acústica de detección de un micrófono y una cámara, respectivamente, proporcionan mucha más información para hacer un sistema capaz de generar una CA. Cabe mencionar que en la actualidad, el micrófono y la cámara están fácilmente disponibles ya que se incrustan en muchos dispositivos móviles (Choi, *et. al.*, 2011).

Conforme ha avanzado la tecnología, el CA se ha logrado mediante el uso de diferentes tipos de sensores, como los de temperatura, posicionamiento, movimiento, distancia, etc. Dado lo anterior, cada vez resulta más fácil y común hacer sistemas CA, ya que el costo y la disponibilidad de sensores permite generar Redes de Sensores Inalámbricas (WSN *Web Sensor Network*) en donde su “omnipresencia” o ubicuidad, permite que se generen más aplicaciones (Gámez, *et.al.*, 2012). Las WSN están compuestas por una gran cantidad de pequeños dispositivos consistentes de una unidad de procesamiento muy

---

<sup>16</sup> Ver Glosario.

limitada (en poder de procesamiento, memoria y capacidades de comunicación) y de uno o más dispositivos de sensores que capturan parámetros como temperatura, aceleración, humedad y presión barométrica, entre otros. Estos dispositivos trabajan de manera cooperativa, comunicándose entre ellos para procesar información y para la comunicación hacia un punto de salida (California, 2007).

El CA es un paradigma de la ingeniería de software que cubre todos los temas relacionados con la construcción de sistemas que son sensibles a su contexto (lugar, identidad, tiempo y actividad), adaptando su comportamiento en tiempo de ejecución de acuerdo con las condiciones cambiantes del medio ambiente, los estados del dispositivo y las preferencias del usuario o privilegios. Por lo tanto, el CA es la capacidad para detectar y controlar los cambios de contexto. La importancia de la conciencia del contexto se ha reconocido más allá de su alcance original de la computación ubicua y omnipresente (Gámez *et. al.*, 2012).

Los sistemas CA deben ser más dinámicos y con el propósito de ayudarnos en las tareas diarias en entornos de Inteligencia Ambiental (Gámez *et. al.*, 2012). Las características de las aplicaciones se regirán por la posibilidad de interactuar con la realidad, con el fin de percibir la información en torno a los usuarios y adaptar el propio medio ambiente, o para ofrecer servicios conscientes del contexto que mejoran la satisfacción del usuario (Amato *et. al.*, 2012). Siendo así que el binomio contexto-conciencia se convierte en una característica clave necesaria para proporcionar servicios adaptables, por ejemplo, cuando se selecciona el servicio de acuerdo con la información de contexto relevante o la hora de adaptar el servicio durante su ejecución de acuerdo a los cambios de contexto (Fenza, *et.al.*, 2012).

El CA juega un papel importante en los sistemas con tecnología de redes inalámbricas de sensores, para controlar la reacción de los sistemas en función de determinadas situaciones, para encontrar personas con intereses similares, entre otras aplicaciones. La oportuna gestión en los sistemas que utilizan sensores ayuda a reducir el esfuerzo humano en la interacción humano-computadora para tomar decisiones y adaptarse a un

entorno cambiante (Gámez *et al.*, 2012). De la misma forma, la tecnología de servicios Web ofrece una nueva manera de hacer que la información y los servicios disponibles, reduzca los problemas de interoperabilidad y potenciar la posibilidad de ampliar la zona de operación, la independencia de las plataformas, etc.

Actualmente el campo de la informática entorno del CA tiene grandes áreas de oportunidad para el control de la vida real. Tal es el caso del escenario de atención para la salud, que se beneficia de una cantidad relevante de aplicaciones capaces de realizar muchas tareas tales como la terapia y la planificación del tratamiento, el apoyo de diagnóstico, análisis de pronóstico, o vigilancia del medio ambiente. Del mismo modo, otros contextos de monitoreo, tales como la contaminación del agua y la contaminación del aire, alerta y prevención de incendios, el seguimiento de cambio de clima, la vigilancia en interiores, se aprovechan de la sensibilidad al contexto (Catarinucci, *et.al.*, 2012).

Como se ha dicho, el CA logra los entornos de vigilancia por medio de sensores para proporcionar información o servicios relevantes según el contexto. En particular, las redes inalámbricas *ad-hoc* de sensores para uso médico están desempeñando un papel cada vez mayor en la salud (Fenza *et. al.*, 2012), buscando aumentar las capacidades de las aplicaciones de atención médica. La necesidad de métodos de monitoreo eficientes de salud, con requisitos de tiempo real para el flujo bidireccional de datos de los sensores y de un dispositivo de mando, se está convirtiendo en un elemento crítico para mantener nuestra seguridad de la vida diaria. El uso de técnicas de medición de tensión de campo completo podría reducir los programas experimentales costosos gracias a una mejor comprensión del comportamiento del material. La tecnología de sensores de la red inalámbrica es un método de supervisión que se estima que crecerá y podrá proporcionar rápidamente potencial de ahorro de costos a través sensores de tecnología de servicios Web, ofreciendo una nueva manera de hacer que la información y los servicios disponibles reduzcan los problemas de interoperabilidad, buscando mejorar el rango de aplicación, independencia de la plataforma y el intercambio estandarizado de mensajes. (Ide, *et.al.*, 2009).

Por otra parte, hay que considerar que el monitoreo y la detección de las actividades y condiciones de los pacientes normalmente requiere el uso de imágenes o sensores externos alrededor del cuerpo. Esto impone una carga significativa de procesamiento en los sistemas. Las frecuencias de muestreo adecuadas para los diferentes tipos de sensores pueden ser significativamente diferentes. Esto, junto con la gran cantidad de datos de los sensores debido al muestreo continuo en tiempo real, se ha planteado la necesidad de técnicas de fusión de datos multi-sensoriales apropiados, tales como clasificadores específicos de la aplicación, selección de función y sincronización de datos (Fenza *et al.*, 2012)

Este paradigma de computación propone que la infraestructura y los servicios deben estar disponibles en cualquier lugar, en cualquier momento y en cualquier formato (Anagnostopoulos, *et.al.*, 2006). La gestión de la adquisición de datos deberá contemplar dos aspectos: la metodología de modelado y el mecanismo de proceso de toma de conciencia. Dado que las aplicaciones contexto de sensibilización se caracterizan por "un escenario, un desarrollo", las herramientas que apoyan el desarrollo de aplicaciones conciencia del contexto se estudian y aplican ampliamente (Bai, *et.al.*, 2007).

Es por esto que las aplicaciones del CA deberán considerar características relacionadas al modelado del contexto, manejo y adaptación del mismo. Estos criterios son (Anagnostopoulos *et al.*, 2006):

- Adquisición del contexto: mecanismo para obtener datos de contexto a partir de diversas fuentes de contexto. La adquisición del contexto podría abordarse por medio de hardware (sensores) que entreguen información que se ajuste a un modelo de datos de bajo nivel.
- Contexto Agregado: Un mecanismo que proporciona un contexto agregado que permite almacenar e integrar. En el caso de un modelo de contexto compartido, la agregación de contexto constituye una base para la fusión de la información contextual correlacionada. La composición de contexto es un tipo específico de



contexto agregado, cuando los contextos implicados son compatibles con el mismo, o equivalente, modelo de contexto.

- **Consistencia de Contexto:** La coherencia del contexto permite la racionalidad del cambio dinámico de los modelos de contexto distribuidos. Tal mecanismo, considerado como un mecanismo de contexto agregado, pero extendida, mantiene la estructura del modelo contextual en mayores niveles de abstracción.
- **Descubrimiento del Contexto:** El objetivo es localizar y acceder a fuentes de contexto; en términos de servicio, de solicitudes de contexto (por ejemplo, el descubrimiento adecuado, o aproximado, el contexto pertinente para la entidad). El descubrimiento del Contexto cubre temas tales como la descripción del servicio, la publicidad y el descubrimiento mismo.
- **Consulta del Contexto:** Al explorar la información contextual, con domicilio en repositorios distribuidos del contexto, un modelo de referencia necesita un mecanismo de alto nivel para plantear consultas. Las tareas de recuperación de un contexto complejo (por ejemplo, consultas de las listas de todas las personas presentes en la misma sala de conferencias cuya presentación sea al mismo tiempo con la de otra persona) deben ser transparentes para los usuarios finales. El mecanismo de consulta de contexto debe, también, plantear cuestiones de diseño como el lenguaje para la consulta del contexto, optimización de las consultas, mensajes de activación y, definiciones de las restricciones relacionadas con la adquisición de contexto.
- **Adaptación del Contexto:** La aplicación debe ser capaz de adaptar su comportamiento de acuerdo con la información contextual. Específicamente, que automáticamente se adapta a la configuración del sistema en respuesta a un cambio contextual. Por ejemplo, la aplicación puede configurarse para utilizar el dispositivo de visualización disponible para el usuario. Por otra parte, la adaptación al contexto puede lograrse mediante reglas “si-entonces” y se utilizan para especificar cómo el software sensible al contexto debería responder de manera inteligente a los cambios contextuales.

- **Razonamiento del Contexto:** El contexto puede ser elaborado con mecanismos de razonamiento. Este es un proceso para inferir un nuevo contexto, no identificado previamente sobre la base de un a-priori-contexto conocido. Las tareas de razonamiento, comprobación de la coherencia del contexto y deducción del contexto de alto nivel. Estas tareas pueden ser realizadas a través de esquemas lógicos como predicados de primer orden y la descripción lógica.
- **Los indicadores de calidad de contexto:** los datos de contexto pueden provenir de fuentes heterogéneas del contexto, tales como, sensores, software y servicios. La falta de un modelo de contexto universal y la representación específica de la aplicación de los datos contextuales socava la consistencia de la información detectada. Es muy importante que exista un mecanismo para el mantenimiento de conjuntos predefinidos de indicadores de calidad. Tales indicadores pueden ser de resolución, precisión, repetitividad, frecuencia, y estancamiento de contexto.
- **Integración del Contexto:** El modelo del Contexto esboza un esquema de representación expresiva del contexto y la interpretación contextual. Los modelos de contexto existentes varían en la representación que apoyan, en la semántica, y en el nivel de abstracción de las entidades conceptuales. El modelo de contexto se basa en (i) la captura de las características generales de las entidades contextuales, como las actividades, (ii) las características específicas, como la temperatura, y (iii) las interrelaciones entre los objetos contextuales, como las relaciones espaciales. La Integración de la información de contexto (es decir, la integración semántica contextual de los individuos de una ontología) puede llevarse a cabo cada vez que diferentes modelos de contexto están de acuerdo, no sólo con su semántica, sino también, con sus campos de interés similares.

## **b. E-health**

En los últimos años, hay cada vez más actividades e intereses para introducir las tecnologías inalámbricas en la industria de la salud. Por un lado, la demanda de mejorar la eficiencia y la diversidad de los servicios de salud se incrementa y, por otra parte, el

rápido desarrollo de las tecnologías inalámbricas, especialmente de sensores inalámbricos con varias funcionalidades y técnicas de redes más abiertas y económicas, hacer la computación más ubicua y vincular todos estos elementos por medio de Internet sin importar el lugar y hasta las condiciones. (Kang, 2012).

En el cuidado de la salud, los sensores y enlaces de datos ofrecen posibilidades para vigilar el comportamiento y los síntomas de un paciente en tiempo real, o cercano al tiempo real y con un costo relativamente bajo, lo que permite a los médicos diagnosticar mejor la enfermedad a distancia y prescribir tratamiento a medida. Los pacientes con enfermedades crónicas, por ejemplo, pueden ser monitoreados en sus actividades que realizan cotidianamente con una serie de sensores diminutos, casi imperceptibles para el paciente (Chui *et al.*, 2010).

El IoT, ofrece plataformas para el sistema de atención de salud, no sólo para los aspectos de asistencia técnica, sino también para resolver problemas centrales de recolección y procesamiento de la información médica a distancia (Luo, *et.al.*, 2009). Por lo mismo, el IoT permite aplicarse en diversos campos para la vigilancia de la salud, que serán de gran utilidad en la vida de las personas, siendo éstos confiables y de bajo costo (Yang, *et.al.*, 2012).

Los sistemas de salud, generalmente, han sido rebasados, por diferentes situaciones como lo es el aumento poblacional, el aumento de la longevidad, etc., en sus capacidades de atención a la población; sin embargo, el monitoreo por sensores y la adquisición del CA generan un paradigma que permitirá a los adultos mayores o personas con enfermedades crónicas hacer una vida independiente, ya que bajo este modelo se puede tener mayor supervisión médica y monitoreo constante aun cuando la ubicación de los

pacientes sea remota o aislada (Doukas, 2012). Cada vez será más común la telemedicina con una telesupervisión<sup>17</sup>.

Bajo estas premisas se ha desarrollado el concepto de *e-health*, el cual se utiliza para diferentes aplicaciones en todo el mundo y se basa en tres elementos fundamentales: el contenido de la información médica de los pacientes y los profesionales de la salud, conectividad en la comunicación, la facilidad de intercambio de información, y para proporcionar una respuesta rápida en el caso de una situación grave o para el desarrollo de negocios, ya sean productos o servicios (Hong, et.al., 2011).

E-health se divide en cinco partes de acuerdo con sus aplicaciones de cuidado de los ancianos que tiene lugar en la categoría de vida independiente, que cuenta con un conjunto de indicadores mundiales. Estos indicadores se dan en la Tabla 2.1 (Naeemabadi, et.al., 2011)

Participación de los usuarios	Baja
Involucramiento de terceros	Alta
Situación crítica de la aplicación	Alta
Necesidad de transferencia de datos en tiempo real	Alta
Importancia de evitar las molestias intrusivas	Alta/Moderada

**Tabla 2.1 Indicadores de un Sistema Independiente de Cuidado de Vida (Naeemabadi, et.al.,2011).**

El *e-health* tiene diversas áreas de oportunidad y en la actualidad se identifican las siguientes áreas de aplicación:

---

<sup>17</sup> Telesupervisión del sistema de información se refiere a un sistema de información que se puede controlar de forma remota el estado físico del usuario y los parámetros fisiológicos (Luo *et al.*, 2009).

- El control en casa de los adultos mayores. A medida que la población aumenta su promedio de longevidad, requerirá en mayor medida el monitoreo remoto (por ejemplo, en casa) reduciendo la carga sobre los recursos del sector salud.
- Monitoreo de niños enfermos. Tratar las enfermedades en los niños (especialmente enfermedades crónicas) a través de un seguimiento detallado en lugar de confiar únicamente en los informes, posiblemente inexactos, de los síntomas en los pacientes jóvenes.
- La salud rural. En muchas partes del mundo, los centros de salud podrían ser poco frecuentes o ser centros móviles; sin embargo, la cobertura de telefonía móvil o el Internet satelital está cada vez más disponible para su aplicación.

En cada caso se vislumbra la necesidad de mejoras en el proceso de recopilación de información, la reducción de costos y el potencial de mejorar la calidad de la asistencia sanitaria (Rehunathan, *et.al.*, 2011), afortunadamente están apareciendo nuevos sistemas para procesamiento, recolección de información que potenciará el desarrollo de aplicaciones. Específicamente, existe una necesidad para proporcionar una solución y reducir los gastos de cuidado de los ancianos, debido al crecimiento de la proporción de población de edad avanzada en el mundo, y el alto costo de los servicios médicos que se ofrecen para cada persona mayor (Naeemabadi, *et.al.*, 2011).

En la actualidad se ha aplicado el uso de la RFID, que está siendo utilizada por algunos hospitales, como el hospital de la Universidad de Jena en Alemania, para optimizar tanto los procesos de logística, como para brindar una mejor atención, para hacer un seguimiento de los equipos, los pacientes (en particular, los recién nacidos) y los medicamentos. Esto beneficia al sector salud en forma de ahorro de costos, así como a los pacientes, ya que les brinda información real del estado de salud y les permite evitar falsos tratamientos. La previsión del uso de sensores inalámbricos, así como la interconexión emergente de todos los dispositivos en los hospitales, es cada vez mayor y se da un potencial, aún más grande, cuando se visualiza el envejecimiento de la sociedad, aunado al aumento de los costos del cuidado de la salud, por lo que la IoT será

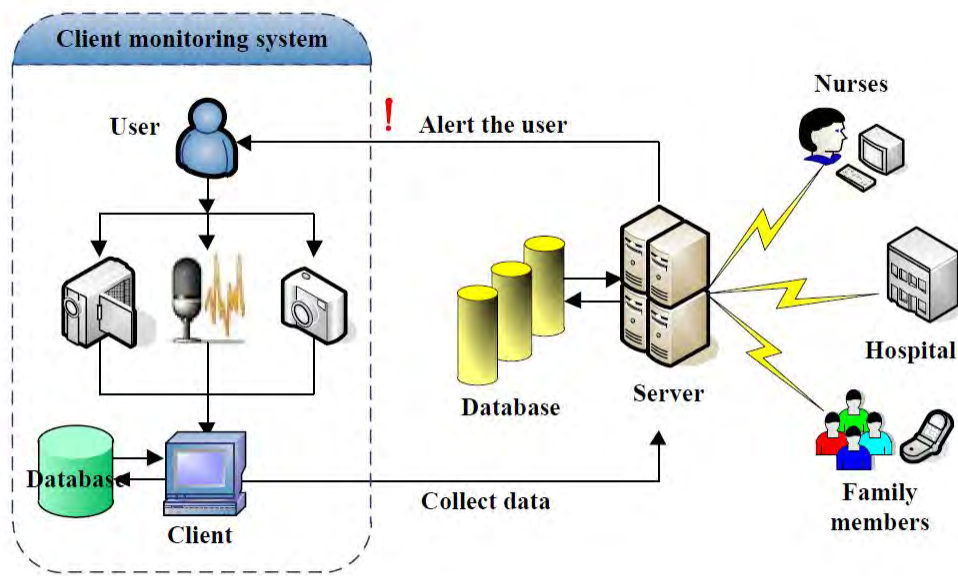
esencial para hacer realidad la visión de la vida asistida por el entorno (Haller, *et. al.*, 2009).

En el caso de los ancianos, o los pacientes que regresan de un tratamiento que requirió hospitalización, necesitan programas de seguimiento a sus padecimientos y una medicación específica en casa. Pueden utilizar un sistema lector de RFID, apoyado en un sistema que permita el chequeo de la salud diario y verificación en la toma de medicamentos (Darianian, 2008).

La tecnología ha avanzado permitiendo ahora generar soluciones inalámbricas para la atención de la salud, que proporcionan herramientas para controlar, supervisar y gestionar la salud y los pacientes con enfermedades graves o crónicas de los usuarios normales, con el uso de tecnologías avanzadas como sería el caso de la posición geográfica, el estudio de los movimientos mediante el uso de giroscopios o acelerómetros, datos de audio y de vídeo, de medición de la presión y el ritmo cardíaco. Con estas técnicas, es posible predecir situaciones peligrosas e intervenir inmediatamente y correctamente (Bazzani, *et. al.*, 2012) comunicando a través de Bluetooth<sup>18</sup>, Internet, Wi-Fi, GPRS, etc. En la Figura 2.1 se puede ver un ejemplo de un modelo para el *e-health* en donde se puede monitorear el estado de salud de un paciente utilizando las diferentes tecnologías.

---

<sup>18</sup> Ver glosario



**Figura 2.1** Esquema que ejemplifica el modelo de un Sistema *e-health* (Yang, *et al.*, 2012).

La utilización de pequeños sensores inalámbricos aumenta la libertad de movimiento, que, de la misma manera, afecta lo menos posible la comodidad de la paciente y se puede tener una recolección continua de datos, dando oportunidad para la vigilancia prolongada de diferentes tipos de estrés en la actividad normal, que se pueden correlacionar con ciertos tipos de actividades diarias. (Ciobotariu, *et.al.*, 2011).

Dado lo anterior se conceptualiza una Red de Área de Cuerpo o Corporal (*Wireless Body Area Network* (WBAN)) para aplicaciones de monitoreo de pacientes y que ha crecido de manera significativa, permitiendo flexibilidad para el personal médico y la movilidad de los pacientes (Khan, *et.al.*, 2012; Vallejos de Schatz, *et.al.*, 2012). Estas redes benefician el monitoreo en hospitales, residencias y lugares de trabajo, ya que permite una fácil interconexión de redes con otros dispositivos y redes que ofrecen a los profesionales de la salud el acceso fácil a datos críticos y no tan críticos de los pacientes (Khan *et. al.*, 2012).

Las WBAN son también llamadas Redes de Sensores Inalámbricos o Redes de Sensores Corporales. Para fines prácticos, se denominarán en adelante WBAN. Estas redes aparecieron como una aplicación a la medicina y la biorretroalimentación. Cuentan con sensores inteligentes (biosensores) que capturan los parámetros biofisiológicos de las personas y pueden ofrecer una manera fácil de recolectar datos. Las WBAN también necesitan interfaces adecuadas para el procesamiento de datos, presentación y almacenamiento con una óptima recuperación y visualización (Pereira, *et.al.*, 2010). Una WBAN permite vigilar la salud a largo plazo para los pacientes en estados fisiológicos naturales sin limitar sus actividades normales, permitiendo a los médicos controlar los signos vitales principales, aún fuera de las áreas hospitalarias especializadas. Además, los médicos pueden supervisar a varios pacientes a distancia al mismo tiempo, en lugar de sólo uno a la vez, como se hace en la medicina tradicional.

Estas redes consisten en un gran número de nodos con sensores, cada uno con una capacidad limitada de detección de algún parámetro (temperatura, por ejemplo) y a su vez de comunicarlo sin la necesidad de estarlo atendiendo y con un muy bajo consumo de energía eléctrica. Se plantean ciertos requisitos para poder implantar este tipo de redes como lo son (Vallejos de Schatz *et al.*, 2012):

- “Las características físicas de los nodos sensores: peso mínimo, mínimo tamaño en cuanto a forma, la operación de baja potencia y una perfecta integración en un WBAN, con base en estándares de protocolos de interfaz, así como la calibración específica del paciente, el ajuste y la personalización.
- Privacidad médica en la transferencia de datos: esto requiere de cifrado de toda la información sensible relacionada con la salud personal.
- Tolerancia a fallos: en caso de que un nodo sensor deje de funcionar, debe haber un nodo de respaldo en las inmediaciones que pueda asumir la tarea de ese nodo, por lo menos hasta que sea reparado y las mediciones críticas no le falten.
- La calidad de servicio de red: es esencial que los datos médicos sean transmitidos y recibidos sin error y de una manera oportuna.



- Integración de sistemas: el potencial de WBAN sólo puede ser plenamente explorado si pueden interoperar de forma segura y sin problemas. La interoperabilidad debe llevarse a cabo a nivel de localidad entre las WBAN de un paciente y los sensores ambientales circundantes. En última instancia, la interoperabilidad implica que debería ser fácil usar dispositivos de diferentes fabricantes en la misma WBAN en un enfoque de *plug-and-play*, es decir, sin la necesidad de complicados procedimientos de configuración”.

Por otra parte, se debe considerar que, para un sistema de monitoreo de pacientes, la fiabilidad de transmisión de datos y la latencia son extremadamente importantes. Para esto se han desarrollado estándares en la arquitectura de la red bajo el concepto de WBAN en donde un grupo de trabajo de la IEEE<sup>19</sup> plantea el protocolo IEEE802.15.6 para garantizar la confiabilidad del manejo de datos, de bajo costo y con bajo consumo de energía (Khan *et al.*, 2012). Dentro de este principio existen planteamientos como para cumplir con la necesidad de seguridad, como lo son:

- “La capacidad de autenticar cada sensor individual, productor de los datos, el acceso a los recursos y la integridad de los datos, para asegurarse de evitar la manipulación de datos, tanto cuando los datos se almacenan en los sensores desatendidos (la protección de la memoria del sensor) y durante las comunicaciones (a través de un mecanismo de cifrado).
- Se debe asegurar que los datos de salud de los pacientes sólo estarán disponibles para las personas autorizadas (familiares y cuidadores).

---

<sup>19</sup> IEEE es la asociación más grande de profesionales dedicada a la innovación del avance tecnológico y la excelencia para el beneficio de la humanidad. La IEEE y sus miembros inspiran una comunidad global a través de la publicación, de alta referencia, de conferencias, estándares tecnológicos y actividades educativas y profesionales (“IEEE,” 2015).

- Y, por último, los datos deben ser almacenados sólo hasta que sea absolutamente necesario”(Bazzani et al., 2012).

Tarouco (*et. Al.*, 2012) establece, bajo la misma necesidad de seguridad y privacidad, diseñar estrategias y mecanismos para garantizar la seguridad y la privacidad adecuada. Para esto el autor enumera los requisitos de seguridad estándar, en donde los sistemas deberán de tener:

- Resistencia a los ataques - El sistema tiene que evitar los puntos únicos de fallas y debe ajustarse a fallos en los nodos.
- Autenticación de los datos: En principio, las direcciones recuperadas y la información objeto deben ser autenticados;
- Control de acceso - Los proveedores de información deben ser capaces de implementar el control de acceso a los datos proporcionados.

Aunado a la seguridad y privacidad se deben de considerar diferentes situaciones técnico-funcionales para poder establecer una WBAN, como la necesidad de analizar las características y patrones de tráfico datos. Con base en este análisis se han definido una serie de requisitos, que debe ser cumplida por el mecanismo de clasificación de tráfico (Grajzer, *et.al.*, 2012):

- Funcionamiento en tiempo real - el tráfico *e-Health* está relacionado con aplicaciones de tiempo crítico, donde los retrasos deben mantenerse al mínimo. esta característica hace cumplir la operación en tiempo real de los algoritmos de clasificación de tráfico.
- Bajo número de paquetes necesarios - una decisión con respecto a las necesidades de clasificación que se hizo por parte del posible corto del flujo (detección temprana).
- Alta precisión - la identificación correcta se debe realizar con alta probabilidad y baja proporción de falsos positivos.

- Capacidad para identificar las aplicaciones individuales con múltiples canales de servicios: esto es un rasgo característico de muchas aplicaciones de salud en línea.
- Se requiere una solución ligera, pero es aceptable una mayor sobrecarga en la fase offline sobrecarga de procesamiento pequeña.
- Capacidad para clasificar los tipos de aplicaciones desconocidas en la actualidad desde nuevas aplicaciones de salud en línea que están surgiendo constantemente, el método de clasificación también debe tener la capacidad de reconocer las aplicaciones desconocidas.
- Capacidad para trabajar con tráfico cifrado - aplicaciones de salud en línea requieren un canal seguro y aplicar el cifrado durante la transmisión de datos privados.

Zatout (2012) añade a estos requerimientos algunos muy importantes como el consumo de la energía eléctrica y la calidad del servicio, entre otros:

- Calidad de servicio: es uno de los aspectos más importantes. Debe tenerse en cuenta sobre todo para transmitir multimedia con contenido de secuencias de vídeo e imágenes fijas (localización, caída de la persona, etc.) La calidad de servicio está relacionada con la asignación de ancho de banda, retardo de transferencia, fluctuación de fase, y los parámetros de tasa de error de paquetes.
- Consumo de energía: es un factor crucial para impactar en la vida de la red. Desde luego, no tiene el mismo impacto que en WBAN muy denso. Sin embargo, entre menor sea la energía consumida por los nodos, más larga es la vida de la red en funcionamiento.
- Escalabilidad: una buena solución WBAN tiene que ser escalable y adaptable a futuros cambios en la topología de red. Por lo tanto, los protocolos escalables deben realizar modificaciones de escala conforme la red se hace más grande o a medida que aumenta la carga de trabajo.
- Movilidad: la gestión de personas y sensores de movilidad para mantener la conectividad de red.

- Las limitaciones de Inicio: el despliegue de la WSN depende de las características del edificio donde se encuentran los pacientes (la arquitectura, el tamaño, las paredes, materiales de construcción, etc.).
- Ancho de banda de radio: cuando el número de nodos excede un cierto umbral que puede sobrecargar la capacidad de la red. Limitaciones de ancho de banda dependen también del tipo de medios de transmisión y el tipo de los datos transmitidos (contenido multimedia o datos simples).
- Protocolos específicos: el objetivo es el desarrollo de acceso al medio eficiente y técnicas de enrutamiento en términos de energía y la entrega del retardo, y para proporcionar la libre organización de los protocolos con la transferencia segura (privacidad y fiabilidad de la información urgente).
- Heterogeneidad: diseño de la solución WSN requiere tomar en cuenta la heterogeneidad de hardware y software (sistemas operativos, de control y herramientas de gestión, etc.).

Como se puede ver, hay varias propuestas que indican cómo debe plantearse una WBAN en la *e-health*, mismas que deben considerarse para lograr el éxito al desarrollar un sistema de monitoreo de pacientes, aun cuando no se ha podido establecer un protocolo confiable en su totalidad o llegar a un acuerdo entre las partes (productores de sensores, proveedores de servicio de Internet, creadores de procesadores y aplicaciones).

De la misma forma que han evolucionado las WBAN, han aparecido servicios de manejo de datos, especialmente manejo de datos para aplicaciones *e-health*. En la actualidad hay sistemas como *Device Cloud*<sup>™</sup> de *Etherios*© que permiten interconectar dispositivos y que los datos se manejen o procesen en la nube a este proceso se le denomina computación en la nube o Cloud Computing. Esta forma de procesar datos en la nube ofrece la posibilidad de acceder a los recursos compartidos y la infraestructura común de forma ubicua y transparente, ofreciendo servicios de acuerdo a las necesidades del usuario, además de la realización de operaciones que cumplan con las necesidades cambiantes (Doukas, 2012).

En cuanto a la aparición de aplicaciones es cada vez más común el uso de los dispositivos móviles para el monitoreo de signos vitales, seguimiento de dietas o tratamientos médicos, etc. La *m-health* surge como una derivación del concepto de la *e-health* en donde la *m-health* se define como “la informática móvil, sensores médicos y tecnologías de la comunicación para el cuidado de la salud” (Istepanian *et al.*, 2011) y se caracteriza principalmente por el uso de los dispositivos móviles.

Una de las opciones que se ha planteado para llevar a cabo un monitoreo en la *e-health*, es por medio del reconocimiento gestual. El procesamiento de imágenes en las que pueden identificarse o relacionarse con gestos, permite relacionar, no sólo con gestos comunes en la comunicación humana, si no con gestos comunes en dolencias, estados de ánimo y situaciones específicas de salud.

### **c. Reconocimiento gestual**

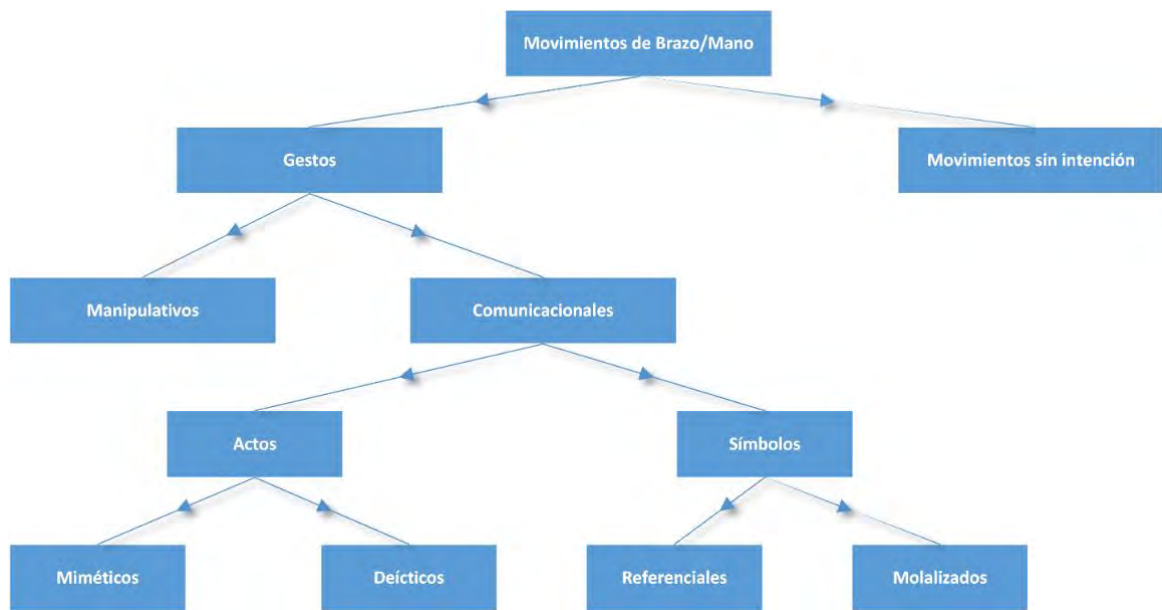
Es importante para este trabajo el entender el concepto de reconocimiento gestual, así como identificar qué es un gesto y de la misma manera conocer acerca de los patrones de comportamiento, las técnicas existentes para identificarlos y la aplicación de la tecnología para lo mismo.

#### **1. Definición de Gesto**

Los gestos son una forma no verbal de comunicación usada por la gente en su ADL. La ([www.rae.es](http://www.rae.es)) define al gesto como el “...movimiento del rostro, de las manos o de otras partes del cuerpo con que se expresan diversos afectos del ánimo”. Para Liang (*et.al.*, 1998) un gesto es una secuencia de posturas conectada por una serie de movimientos en un rango de tiempo y una postura es una configuración específica de una parte del cuerpo, por ejemplo la flexión de la mano observada en una situación específica y Pavlovic (1997) definen de acuerdo al Diccionario Webster que un gesto es “el uso de movimientos de las extremidades del cuerpo, o el mismo cuerpo, como resultado de una expresión o para enfatizar una idea, sentimiento o actitud”.

Ciertos gestos no requieren de un movimiento propio, sin embargo otros gestos se ven reflejados en movimientos de las partes del cuerpo (Ahmed, 2010). Los gestos pueden diferenciarse y hasta clasificarse en diferentes taxonomías. Se han definido diferentes taxonomías en los gestos, específicamente aquellas relacionadas con aspectos psicológicos, en donde se distinguen “gestos autónomos” (que ocurren independientemente del habla), hasta “gesticulaciones” (gestos que son asociados al habla). Por otro lado, se reconocen tres tipos de gestos: icónicos y metafóricos y “golpes”, en cuestiones informáticas o de interacción humano-computadora se visualizan otro tipo de definiciones de gesto, como es el caso de un sistema de detección creado por Vidal (2010), en donde un gesto es un Conjunto de Unidades de movimiento, que puede poseer nombre y número si se encuentra registrado con anterioridad. Dado esto, Pavlovic (op.cit). sugiere que la gesticulación en el contexto de la interacción humano-computadora (HCI) deberá clasificarse como se muestra en la Figura 2.2.

Los movimientos de la mano/brazo se clasifican principalmente en dos clases: gestos y movimientos no intencionales. De ahí, los movimientos no intencionales son aquellos que no dan alguna información. Los gestos tienen en sí dos aspectos: el manipulativo y el comunicativo. Los gestos manipulativos son aquellos que se muestran en el uso de objetos en un ambiente y los comunicativos tienen un objetivo específicamente inherente a la comunicación (Pavlovic et al., 1997). Estos son los gestos que tienden a ser más estudiados y por ende se busca poder identificarlos e interpretarlos y para esto se diferencian de los símbolos o simples actos. Los símbolos son aquellos gestos que tienen una carga lingüística y generalmente están ligados con lenguaje hablado. Por otro lado, los gestos del tipo actos son aquellos que tienen que ser interpretados por el movimiento en sí mismo y a su vez se clasifican en miméticos (imitan alguna acción) o deícticos (generalmente apuntan a algo o alguien).



**Figura 2.2 Taxonomía para los gestos de la mano en la HCI.**

**Los gestos importantes se diferencian de los movimientos sin intención. Los gestos utilizados para manipulación de objetos son diferentes de los gestos que son inherentes al carácter de comunicación..**  
**(Pavlovic et al., 1997) .**

## **2. Reconocimiento de Gestos**

Las emociones juegan un papel fundamental en la vida diaria, independientemente de los medios en los que sean expresadas. La neurociencia, la ciencia cognitiva y la psicología sugieren que las emociones son importantes en el desarrollo de la inteligencia humana, la interacción social, la percepción, el aprendizaje, y así sucesivamente. Los gestos son parte de una comunicación no verbal usada por las personas en su vida diaria. El uso de las manos es muy utilizado como medio de expresión (Ahmed, 2010). Con el avance de las tecnologías informáticas integradas, es posible equipar estos sistemas con sensores para proporcionar alguna forma de capacidad de detección de las emociones (Gu, *et.al.*, 2012).

En conjunto con los procesos de reconocimiento de gestos, está desarrollándose muy extensamente el reconocimiento facial. Este se emplea ya en diversos dispositivos, ya

sea sólo para detectar rostros o para identificar personas en sistemas avanzados de seguridad. El reconocimiento facial es de los sistemas de seguridad menos invasivos: sin embargo, la precisión del reconocimiento tiende a variar de acuerdo a las diferentes condiciones ambientales, específicamente en condiciones de poca iluminación, variaciones de posiciones<sup>20</sup>, etc. En la actualidad existen muchos algoritmos para la detección facial con fortalezas y debilidades, cada uno con propias particularidades.

La percepción de gestos o el reconocimiento de acciones están teniendo auge debido a la posibilidad de aplicarse en vigilancia inteligente, lenguaje de signos, interfaces avanzadas de usuario y hasta control inteligente de robots. En comparación al reconocimiento estático de imágenes, el reconocimiento de acciones normalmente requiere de una impresionante cantidad de manejo de datos a raíz del set completo de las secuencias de video que se deben analizar. Por otra parte, si el reconocimiento de acciones está mezclado con el fondo, los resultados no son siempre lo que se desea (Bao, 2013).

De la misma manera se han desarrollado diferentes sistemas y algoritmos para dar seguimiento a la actividad diaria o actividad del día a día (*All Day Living*, ADL), todo esto con el objetivo de evaluar la calidad de vida<sup>21</sup>, las personas y el estado de salud entre otros objetivos. Hay estudios avanzados y bien reconocidos para el tratamiento físico de

---

<sup>20</sup> ("2010 International Conference on E-Health Networking, Digital Ecosystems and Technologies Face Recognition System to enhance E health," 2010)

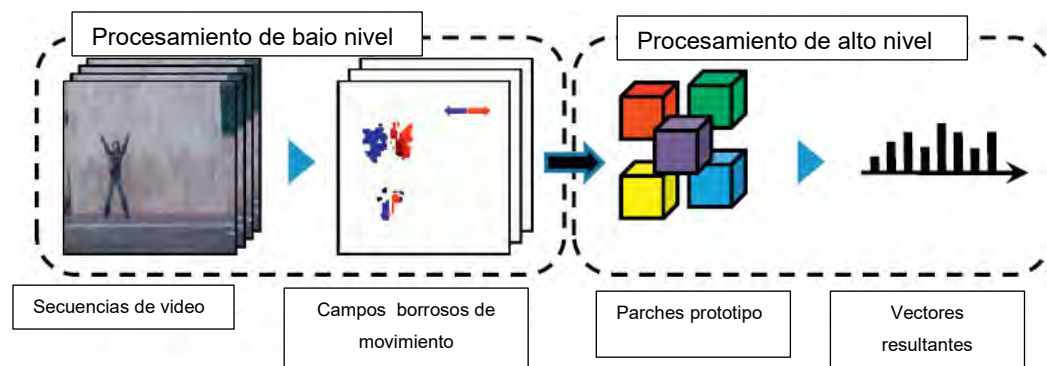
<sup>21</sup> La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la calidad de vida (Quality of Life -QoL) como la percepción del individuo de su posición en la vida en el contexto de los sistemas de cultivo y el valor en el que viven, y en relación con sus objetivos, expectativas, normas y preocupaciones. Es un concepto amplio que afectó de manera compleja por el bienestar de las dimensiones socioculturales, de salud y psicológicos. La calidad de vida se ha convertido en un atributo importante de la investigación y manejo clínico del paciente, siendo ideado para tener en cuenta nada más allá de los niveles de mortalidad y síntomas(de Souza, 2012).



pacientes, rehabilitación y ha probado ser un elemento importante en el cuidado de personas de edad avanzada. El seguimiento o monitoreo de este tipo de pacientes, ya sea por reconocimiento postural, movimientos o datos fisiológicos, busca poder identificar actividades como alimentación, aseo, movilidad, interacción social y así poder determinar el nivel de ayuda que requieren para llevar a cabo cada una de estas actividades en su ADL y mejorar la calidad de su vida y en su caso, para sus cuidadores o familiares (Zhang, *et.al.*, 2008). El reconocimiento postural suele ser el objetivo principal del sistema de reconocimiento de la actividad para el cuidado de los ancianos (Farella, *et.al.*, 2008).

El proceso de reconocimiento de acciones comprende de dos etapas: la etapa de extracción de características y la etapa de adaptación a la plantilla.

- En la primera etapa, se generan vectores característicos para representar las acciones en el video. La identificación de personas, partes del cuerpo, gestos, etc. se lleva a cabo con algoritmos de procesamiento de imágenes y se traducen o reducen a figuras geométricas simples (como rectángulos o simples puntos).
- En la segunda etapa, los vectores característicos se clasifican usando alguna especie de clasificador (algoritmos) como lo es el Modelo Oculto de Markov (*Hidden Markov Models*) o el Modelo de Motores de Soporte (Support Vectors Machines). La gran cantidad de esfuerzos para reconocimiento de acciones se dirige a la primera etapa, buscando la manera de generar la mejor de las propiedades para reconocer acciones. Estos algoritmos se definen en tres categorías. La primera y más común es la de identificar partes de cuerpos humanos para luego convertirlas en vectores que son generados a partir del seguimiento de estas partes en referencia a coordenadas de espacio y tiempo (Bao, 2013).



**Figura 2.3** En la imagen se presenta la primera etapa en un procesamiento de bajo nivel en donde se da la extracción de características. La segunda etapa se considera de procesamiento de alto nivel ya que las características permiten la conversión en vectores generando una gran cantidad de datos. Esquema retomado de (Bao, 2013).

En los diversos métodos de identificación, las acciones son consideradas de forma global y no como un grupo temporal de imágenes. Esto permite extraer características “robustas” y establecer simples medidas de distancia para reconocer las acciones que se representan por un único vector característico. Un inconveniente de este método es la dificultad de trasladar segmentos de video en partes consistentes de acciones, ya que consumen mucho tiempo de procesamiento e identificación. Para llevar a cabo esto, ciertos autores determinan los cambios de posturas de acuerdo al reconocimiento de siluetas, determinando las acciones de acuerdo al cambio de una silueta a otra en un lapso de tiempo en el video (Mokhber, *et.al.*, 2008). Otros métodos reducen la carga de procesamiento al reducir la silueta del cuerpo humano a un simple rectángulo e identificar sus coordenadas X, Y y el centro del mismo<sup>22</sup>.

### **3. Detección de gestos por medios fisiológicos**

Como se puede observar, hay mucho trabajo para detectar rostros, movimientos o acciones y hasta emociones. Casi todos los métodos se han centrado en la detección por medio de canales audiovisuales, tales como grabaciones de voz o expresiones

<sup>22</sup> Ver Reconocimiento de Imágenes por medio de Open CV, página 98.

faciales; sin embargo, los datos fisiológicos como el ritmo cardíaco o la temperatura pueden ser elementos que nos ayuden a detectar emociones (Gu, *et al.*, 2012).

Se puede decir que el reconocimiento por medios fisiológicos es parte del reconocimiento biométrico en donde se busca detectar, identificar o reconocer a personas, acciones y situaciones de personas mediante diferentes métodos referenciados al funcionamiento y características del cuerpo humano.

La biometría se divide en biometría estática y dinámica. La biometría estática se dedica a la detección por medio de los rasgos anatómicos de: huellas digitales, geometría de la mano, termografía, análisis del iris, análisis de retina, venas del dorso de la mano y Reconocimiento Facial. La biometría dinámica mide el comportamiento del humano por medio de: Patrón de voz, firma manuscrita, Dinámica de tecleo, Cadencia del paso y Análisis gestual (Diana, 2010). Es importante visualizar que la biometría dinámica o estática no incluyen los datos fisiológicos como parte de la detección biométrica, aunque podría inscribirse en el análisis gestual. Gu (*et. al.*, 2012) dice que el aplicar señales fisiológicas en la detección de emociones puede resultar con más ventajas que otros medios, ya que éstas son controladas directamente por el sistema nervioso autónomo humano. Los datos que arrojan las detecciones fisiológicas son más sólidos y espontáneos que las expresiones faciales o voces, ya que se pueden disfrazar a propósito o ser malinterpretadas.

Durante la última década, algunos investigadores han tratado de investigar las relaciones entre las señales psicológicas y fisiológicas. Trabajos anteriores de Picard (*et. al.*, citado en Gu, 2012) utilizaron por vez primera la idea de emplear las señales fisiológicas de reconocimiento de emociones. Nasoz utilizó la conductividad de la piel, temperatura y frecuencia cardíaca para lograr una tasa de reconocimiento para 6 emociones diferentes con un éxito del 83.7% (ira, tristeza, sorpresa, miedo, diversión y frustración) utilizando el algoritmo de retropropagación Marquardt (MBP). Por otro lado, Wagner dividió las emociones en cuatro clases (ira, alegría, tristeza y placer) y utilizó como referencia 4 señales fisiológicas obtenidas de electrocardiogramas, conductividad de la piel,

electromiografía y la respiración y obtuvo una tasa de reconocimiento del 92.05% utilizando la combinación secuencial de búsqueda hacia delante (SFS) con la función discriminante lineal (LDF) (Gu, *et. al.*, 2012).

#### **4. Reconocimiento de Patrones**

Para este estudio, el significado de gestos es sólo una parte que permitirá identificar las conductas que tienen los adultos mayores mediante la identificación de los movimientos que desarrollan en su ADL. En otras palabras, se buscará identificar un patrón de conducta por medio de los movimientos cotidianos. La detección no se enfocará en detalles específicos como los movimientos de la mano o gestos de la cara, en este caso los gestos identificados como las actividades diarias y el comportamiento de las personas, es decir, el conjunto de actos y movimientos que desarrollan un patrón de comportamiento en un lapso. Este patrón de movimientos será la referencia para identificar posibles cambios en el estado de ánimo y probablemente de salud.

Para esto se visualizará al reconocimiento de patrones como una tarea diaria en los seres vivientes y que es inherente a su habilidad y necesidad de vivir y convivir en el medio ambiente. Este patrón se desarrolla en diversas circunstancias, como la búsqueda de alimentos, migración, identificación de depredadores, etc., y se realiza con destacada eficiencia. Para esto se han desarrollado métodos capaces de reconocer diferentes objetos de muchas maneras y con distintos objetivos (Marques de Sá, 2001). Los patrones se presentan de diferentes formas y características, como puede ser un rostro. Los rasgos faciales en sí son un patrón compuesto por una combinación particular de estructuras (ojos, nariz, cejas, boca) localizadas en ciertas posiciones de la cara (Dougherty, 2013).

El Reconocimiento de Patrones (RdP) es la disciplina científica que trata de los métodos empleados para la descripción y clasificación de los objetos. Dependiendo de la aplicación estos objetos pueden ser imágenes, formas de ondas o cualquier tipo de medidas que requieren ser clasificadas (Konstantinos, 2009). Desde los comienzos de la

computación, el diseño e implementación de algoritmos que emulan la habilidad humana para describir y clasificar los objetos, han sido de las tareas más intrigantes y con grandes retos (Marques de Sá, 2001). El RP es una parte integral de la gran cantidad de los sistemas de “máquinas inteligentes” hechas para la toma de decisiones (Konstantinos, 2009).

Algo fundamental para entender al Reconocimiento de patrones, independientemente del punto de vista desde el que se ve el concepto, es la noción de “similaridad”. Nosotros reconocemos dos objetos como similares debido a atributos comunes que les dan esta particularidad. Comúnmente, la similaridad es concebida desde un punto de vista muy abstracto, no entre los objetos, sino entre un objeto y un concepto objetivo. Por ejemplo, nosotros reconocemos a un objeto como una manzana, porque esta corresponde, en sus características, a la imagen idealizada del concepto o prototipo de una manzana y estas mismas características son diferentes a las de una naranja (Marques de Sá, 2001).

El RP se da en la informática desde el punto de vista de “Visión de Máquina”. El RP se lleva a cabo en sistemas que capturan imágenes por medio de una cámara y se analizan para proveer una descripción de las imágenes capturadas. Este tipo de sistemas permite llevar a cabo tareas como el diagnóstico asistido por computadora, el cual es un ámbito en donde se ha desarrollado de manera importante el RP, dirigido a la ayuda de los médicos tratantes en la elaboración de diagnósticos médicos, utilizando recursos como los rayos X, electrocardiogramas, tomografías, electroencefalogramas. etc. La interpretación adecuada de estos patrones depende mucho de las habilidades de los médicos; sin embargo, se han realizado esfuerzos para poder identificar patrones por medio de sistemas computacionales o en su caso detectar cambios de los mismos para ayudar a evitar fallas en la interpretación causadas por diversos factores como puede ser vista cansada, fallas en la toma de Rayos X, etc.(Konstantinos, 2009).

Existen diferentes métodos para el RP: sin embargo, hay ciertos pasos básicos que hay que seguir para llevarlo a cabo. En primer lugar, está la captura de datos, que puede ser por medio de un sensor, cámara o similar. El siguiente paso es identificar las

características que vamos a medir identificando: 1º. Cómo se van a generar las características. 2º Que cantidad de características se van a utilizar. 3º Teniendo lo anterior hay que diseñar la forma de “clasificar” de acuerdo a las características y la forma de obtenerlas y por último 4º. Evaluar el sistema para mejorar el método, características e incluso el clasificador. En la Figura 2.4 se pueden ver los pasos que se deben seguir:



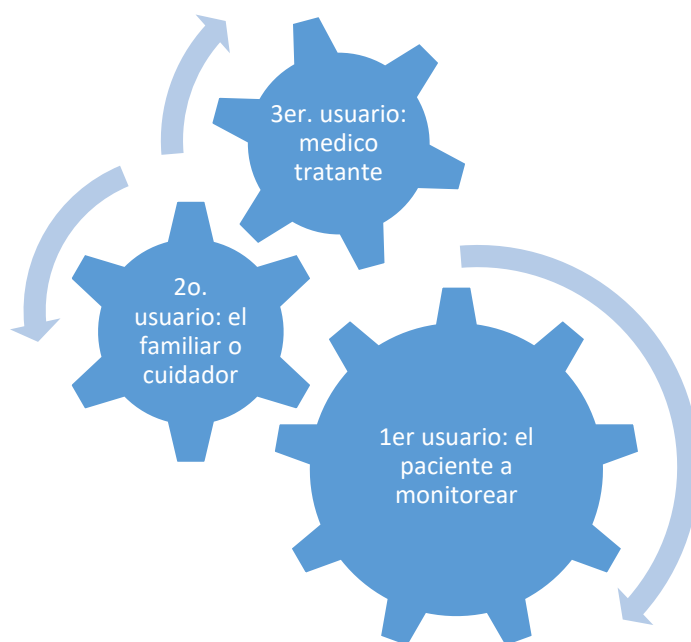
**Figura 2.4 Etapas básicas en la clasificación y diseño de un sistema de reconocimiento gestual (Konstantinos, 2009).**

Los patrones conductuales vistos como gestos permitirán desarrollar un sistema que identifique el ADL en los adultos mayores. Se deberá buscar un sistema que permita la privacidad en el desarrollo de las actividades del día a día y que permita hacer el proceso de clasificación e interpretación por medio del diseño del clasificador. Esto no supone una tarea fácil, aunque hay muchos algoritmos y sistemas de código abierto que permiten la modificación para adaptarse a las necesidades; la implementación requerirá de pruebas en la selección y generación de las características. De la misma manera, la forma de procesar la información de manera económica (hablando de recursos económicos y de procesamiento) y que permita ser interpretada por un médico o tratante.

#### **d. Experiencia de Usuario U/X**

El sistema propuesto involucra a diferentes usuarios. El usuario principal es el paciente a monitorear, quien deberá portar un brazalete el mayor tiempo posible durante el día. Este brazalete deberá estar en contacto directo con la piel para poder registrar la temperatura y ritmo cardíaco.

De aquí surge la pregunta ¿causará incomodidad o inconveniente alguno al paciente? Al brazalete se le debe cambiar la batería a diario; aun cuando se le instaló una batería con la que puede durar hasta dos días encendido, para mayor seguridad del correcto funcionamiento se determinó el cambio diario por una batería cargada. De esto surgen otras preguntas: ¿quién cambiará la batería? ¿quién pondrá a cargar la segunda batería? ¿podrá el adulto mayor cambiarla y cargarla sin problemas? Esto da pie al surgimiento de un segundo usuario, que si bien está contemplado en el proceso de cuidado del adulto mayor (familiar o cuidador), deberá involucrarse en el proceso de monitoreo al aprender a cargar y colocar la batería nueva. De la misma manera el sistema prevé el acceso al sitio Web para poder visualizar los datos arrojados por el sistema y poder tener cierta tranquilidad respecto a su paciente o familiar.



**Figura 2.5 Tipos de usuarios involucrados en la Experiencia de Usuario (figura del autor).**

El tercer usuario es el médico, que deberá aprender el manejo del sitio Web y poder visualizar la información, casi de la misma forma que el familiar; sin embargo, con mayor cantidad de datos como la historia clínica, mover límites de registros, etc. Cada uno de

los usuarios tendrá experiencias diferentes en el uso del sistema MAMD (Monitoreo de Adultos Mayores Depresivos), por lo que es importante conocer el concepto de Experiencia de Usuario (UX) y prever la capacidad de los mismos para adaptarse y asimilar el sistema en su día a día.

Buscando una definición del concepto de UX se encontró que no hay una definición específica y que las que existen comúnmente son refutadas por expertos que no están de acuerdo o sienten que algo está incompleto. Incluso Lallemand (*et.al.*, 2015) llevaron a cabo un estudio para conocer el consenso en la definición de UX en donde sus conclusiones confirman la falta de acuerdos en la definición (*ibid*), arguyendo la gran diversidad de disciplinas involucradas y los objetivos dirigidos para su estudio.

La ISO (*International Standard Organization*) definió la experiencia del usuario como "las percepciones y respuestas de una persona que resultan del uso o uso anticipado de un producto, sistema o servicio". Según la definición ISO, la experiencia del usuario incluye todas las emociones, creencias, preferencias, percepciones, respuestas físicas y psicológicas, comportamientos y logros de los usuarios que ocurren antes, durante y después del uso (Vera, *et.al.*, 2016).

Sin embargo, Lallemand (*op.cit.*) hace referencia a un estudio previo en donde se citan seis definiciones diferentes. No obstante, las que más sirven para este estudio serían las siguientes: "La experiencia del usuario (UX) se refiere a las emociones y actitudes de una persona sobre el uso de un producto, sistema o servicio. La experiencia del usuario incluye los aspectos prácticos, experienciales [*sic*], afectivos, significativos y valiosos de la interacción hombre-computadora y la propiedad del producto" y "Todo el conjunto de afectos que se produce por la interacción entre un usuario y un producto, incluyendo el grado en el que se gratifican todos nuestros sentidos (experiencia estética), los significados que atribuimos al producto (experiencia de significado) y los sentimientos y emociones que son obtenidos (experiencia emocional)".



Esto nos da a entender que la experiencia de usuario es totalmente subjetiva, ya que se involucran diferentes aspectos que identifica el usuario de un producto o servicio, tales como la utilidad, complejidad, propósito, usabilidad, funcionalidad, contexto, costo, ciclo de vida, etc. Por lo mismo, se puede encontrar que una buena experiencia de usuario no garantiza el éxito de un producto o servicio, ya que una buena experiencia de usuario varía de persona a persona, producto a producto, tarea a tarea; pero un buen punto de inicio es la “usabilidad”. Si algo es usable es “funcional”, eficiente y deseable para la audiencia o usuario intencionado (Goodman, 2012).

Contrario a los que se piensa, la UX no sólo tiene que ver en la función de los objetos o servicios. La UX se refiere a todo el entorno de cómo trabajan las cosas y cómo interactúan las personas, y si entramos al concepto del IoT, cómo interactúan las cosas entre sí. Cuando alguien pregunta acerca como fue el uso de un producto o servicio, ellos están preguntando acerca de la experiencia de usuario. El Diseño adecuado de la experiencia de usuario hace que los aspectos estéticos y funcionales de cierta parte del objeto trabajen en el contexto del resto del producto (James, 2010).

Hay que reconocer la diferencia entre UX y el estudio de usuario o *User Research*. El estudio del usuario es el proceso de figurarse como las personas interpretan y usan los productos y servicios. Se usa en todas partes, desde *Websites*, teléfonos inteligentes y más. Se llevan a cabo entrevistas, evaluaciones de usabilidad, encuestas y otras formas de investigación del usuario antes y después del diseño que pueden hacer la diferencia para lograr que un producto o servicio sea útil, usable y exitoso. Una vez que el producto o servicio entra al mercado, la investigación del usuario es una buena manera de mejorar el producto, construir uno nuevo o transformar el mercado o todos juntos (Goodman, 2012).

### ***Experiencia de Usuario con Adultos Mayores***

Cada vez que se piensa en el uso de dispositivos, computadoras o teléfonos inteligentes por parte de los adultos mayores, se visualiza una negativa o rechazo al uso de estos dispositivos (Wang, 2016); sin embargo, la brecha generacional con los nativos digitales

cada vez es más corta y es más común la aceptación de la tecnología para las comunicaciones, incluso en el uso de dispositivos de comunicación, salud, lavadoras, refrigeradores u objetos tecnológicos con diversos fines.

Se dice que el rechazo al uso de las nuevas tecnologías comienza a los 45 años de edad. A esta edad se comienzan a tener deficiencias visuales como la vista cansada; sin embargo, experimentos recientes muestran que se mejora la experiencia de usuario mejorando las cualidades de sitios Web, adaptando la forma en que se presenta la información y tomando en cuenta las necesidades reales de los adultos mayores para mejorar la interacción humano-computadora (Souders, 2016).

Meza-Cubo *et. al.* no se conforman sólo con mejorar los aspectos visuales y las necesidades, ya que infieren problemas de deterioro físico y cognitivo inherentes a los adultos mayores, dificultan la aplicación de tecnologías como los ambientes asistidos para la Vida<sup>23</sup> (AAV). Se requiere por parte del Adulto Mayor que desarrolle habilidades cognitivas, aceptación y adopción de las tecnologías propuestas. Esto no quiere decir que sea imposible su aplicación, por el contrario, es factible pero no resulta tan simple como lograr un buen diseño de UX, sino integrar mayores elementos en el proceso de diseño, como es la precisión (fallas por deterioro físico), Diseño a prueba de errores (deterioros cognitivos), etc.

## **La depresión en adultos mayores**

En este apartado se entenderá el concepto de Adulto Mayor si las condiciones que lo caracterizan, así como la depresión (padecimiento que la OMS ha identificado como el de mayor presencia en este segmento poblacional y en específico la depresión en adultos

---

<sup>23</sup> Se han desarrollado muchos esfuerzos para desarrollar tecnología que mejore la calidad de vida de los adultos mayores(Wang, 2016) como lo son los AAV. Meza-Cubo definen los AAV (Ambient Assisted Living) como un conjunto de tecnologías utilizadas para curar, mejorar el bien estar y las condiciones de salud de Adultos Mayores(Souders, 2016).

mayores) para poder identificar la sintomatología, las condiciones en las que se presenta la enfermedad. Por último, se identificarán los datos que pueden aportar información suficiente para hacer una correlación que permita la identificación de un estado de depresión en los adultos mayores.

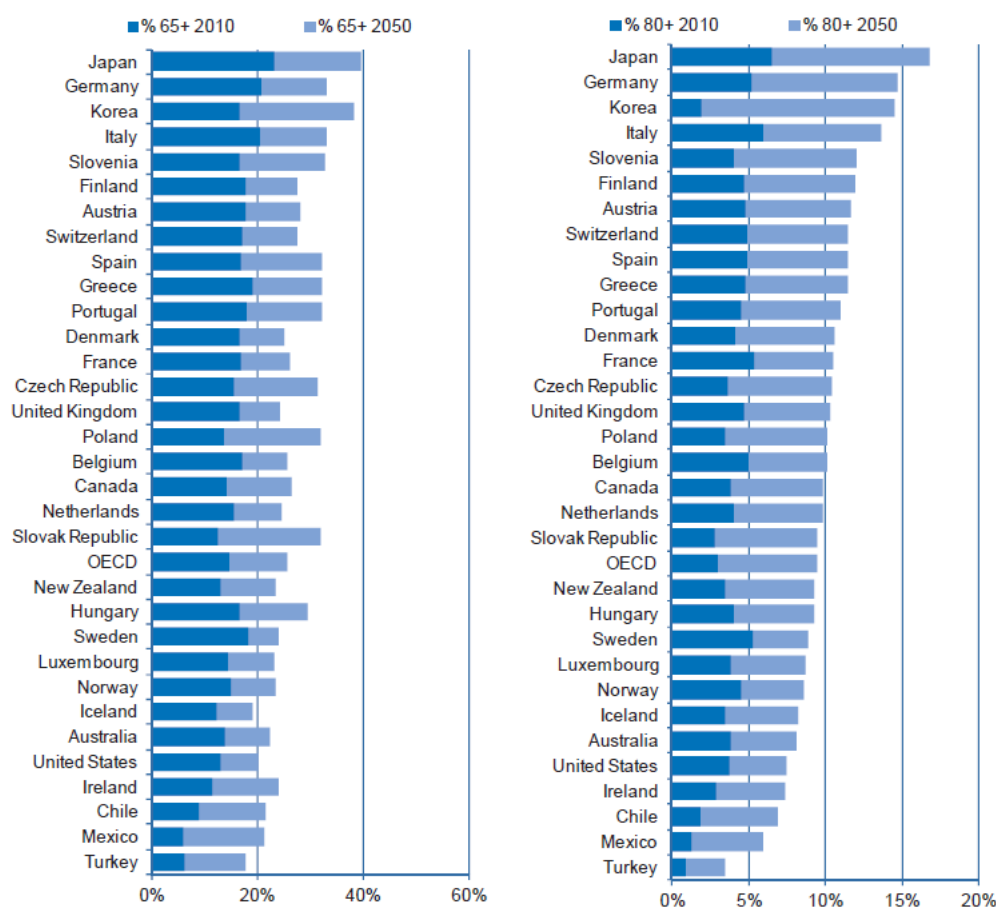
#### **a. El adulto mayor**

En el mundo se dan cambios en la edad de promedio de la población, esto es como resultado de los grandes cambios demográficos que se experimentan a través del tiempo. Se espera que la población mundial supere los 9 mil millones en 2050, frente a los 7 mil millones en la actualidad. El aumento se llevará a cabo casi en su totalidad en los países en desarrollo, el levantamiento de su número de 5,600 millones de adultos en 2009 hasta 7,900 millones en 2050. En el mundo desarrollado, el tamaño de la población es probable que se mantenga sin cambios, pero su perfil de edad se ajusta a cambiar significativamente (Naciones Unidas, 2011 Citado en (OECD, 2012)) (Ver figura 2.5). En otras palabras, se está dando un proceso de envejecimiento<sup>24</sup> de la población que traerá nuevas necesidades y requerirá acciones.

Es por esto que la población mayor se convierte en un segmento atractivo e importante para plantear y desarrollar investigaciones que conlleven a crear propuestas que atiendan a los adultos mayores, en específico a aquellos que sufren de padecimientos que impiden el desarrollo de la actividad diaria de vida.

---

<sup>24</sup> El envejecimiento "...es un proceso normal de cambios relacionados con el paso del tiempo, es inevitable en todo el organismo, se inicia con el nacimiento y continúa durante toda la vida. La época de la existencia denominada vejez equivale a la etapa final del proceso de envejecimiento. Es un fenómeno universal que comprende una reducción de la capacidad funcional, un aumento de la morbilidad y la mortalidad, y conduce a cambios biológicos, psicológicos y sociales, sin olvidar los del contexto cultural" (Macías, *et.al.*, 2010).



**Figura 2.6** Tabla de proyección comparativa de envejecimiento de los países miembros de la OCDE (OECD, 2012).

En México la estructura por edad y sexo de la población está sufriendo cambios significativos; uno de los más importantes es el inicio del proceso de envejecimiento demográfico que se expresa como un incremento relativo y absoluto de la población en edades avanzadas (INEGI, 2005). Para el 2009 se estimaba que la esperanza de vida al nacer era de 75.3 años (INEGI, 2009). Aunque se dice que la edad no es un criterio fundamental para medir el envejecimiento puesto que se tiene el umbral de vejez autopercibida o socialmente asignada, en la que se dan diferencias considerables como podrían ser autosuficiencia, movilidad, enfermedades crónicas, etc. De acuerdo al

INEGI<sup>25</sup> “...se considera como adultos mayores a la población de 60 años o más, en concordancia con el criterio adoptado en la mayoría de las investigaciones sociodemográficas que versan sobre el tema y en pleno apego a la Ley de los derechos de las personas adultas mayores que rige en el país” (INEGI, 2005).

Los mismos cambios en las actividades y la percepción de la sociedad han obligado a establecer diferentes rangos para los adultos mayores, en donde se plantean tres niveles de adulto mayor: El adulto mayor joven que van de los 65 a los 75 años, el adulto mayor que va de los 75 a los 85 años y el adulto mayor avanzado que va de los 85 años en adelante (Haberkern, *et.al.*, 2011).

Los adultos mayores jóvenes, en la actualidad, son físicamente más independientes y saludables que en el pasado; la mejora de las condiciones de vida permite a las personas mayores a participar activamente en la sociedad, incluso muchos de estos son aún proveedores económicamente o tienen un alto índice de participación en la vida familiar (Haberkern *et al.*, 2011; OECD, 2012). Dependiendo, además, de los factores biológicos y los relacionados con su condición social y económica, existe una serie de circunstancias ligadas al desempeño de sus roles sociales en el pasado (INEGI, 2005).

El primer grupo es de adultos mayores total o parcialmente independientes, incluso económicamente activos o no dependientes. En la mayoría de los casos se pueden considerar sanos, aunque requieran de tratamientos para padecimientos crónicos como enfermedades cardíacas, hipertensión, etc.

El segundo grupo, aunque aún tiende a ser independiente, empiezan a requerir de mayores cuidados, de acuerdo a las enfermedades y padecimientos propios de la edad. El gasto per cápita en cuidados de los adultos en esta edad es cinco veces mayor que para los más jóvenes. Sin embargo, este grupo aún tiene viabilidad de obtener o

---

<sup>25</sup> INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información.

mantener un trabajo remunerado, desarrollar tareas del hogar y / o proveer cuidado a nietos o familiares (OECD, 2012).

El tercer grupo es el que tiene una mayor o total pérdida de autonomía. Este tiende a ser más propenso a la vulnerabilidad<sup>26</sup> y por lo mismo genera mayor exigencia en cuanto a la atención y recursos (OECD, 2012). En esta condición de incapacidad<sup>27</sup> se refleja en el cambio en las actividades de la vida diaria (*Activity of Daily Living*, ADL) (Yañez, *et.al.*, 2009), donde las personas reportan una o más limitaciones severas, definidas como un conjunto central de las actividades de atención o autocuidado personal (tales como el comer, vestirse, ir al baño, bañarse, acostarse / levantarse de la cama, y cualquier otra actividad de cuidado personal claramente definida) (Lafortune, *et.al.*, 2007).

Los adultos de edad muy avanzada son los que cuentan con las discapacidades más severas y mayores necesidades de atención a largo plazo. Se estimaba que en 2013 la proporción de personas mayores a 85 años era del 3% de la población general y hasta el 5% en el año 2050 lo que hace que la demanda de cuidados a largo plazo tenga un crecimiento sostenido en todos los países de la OCDE en las próximas décadas (Lafortune, *et.al.*, 2007). En recientes proyecciones de la OCDE, el gasto público de cuidados de larga duración se destaca "...la importancia de la evolución futura de las tasas de discapacidad entre las personas mayores, desde el punto de vista de la creciente prevalencia y persistencia de algunas enfermedades crónicas que pueden revertir las tendencias generalmente positivas y en última instancia resultar en niveles más altos de incapacidad. Si la mortalidad cae más rápido que la morbilidad (debido, por ejemplo, a la

---

<sup>26</sup> Se entenderá por vulnerabilidad en referencia a grupos específicos de población que se encuentran en situación de "riesgo social", debido a factores propios de su ambiente doméstico o comunitario. Los grupos vulnerables son más propensos a experimentar diversas formas de daño por acción u omisión de terceros o a tener desempeños deficientes en esferas claves para la inserción social (INEGI, 2005).

<sup>27</sup> Se entenderá a la discapacidad como "...toda restricción o ausencia de la capacidad (debida a una deficiencia) de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano (OMS citado en (Lafortune, *et.al.*, 2007))".

diabetes o enfermedad cardíaca isquémica), el número de personas de edad avanzada con discapacidad puede elevarse” (OECD, 2012).

Esta situación afecta directamente a la familia del adulto mayor, ya que, en la medida que aumenta la discapacidad, se asumirán los trabajos de cuidado de los adultos mayores y en muchos casos el Estado deberá asumir tratamientos, medicamentos y hasta el cuidado de los adultos mayores (Haberkern, *et al.*, 2011). Por otro lado, existen las situaciones en las que la familia no tenga la disponibilidad o posibilidad de ayudar a la gente de edad avanzada y que sufren de discapacidad severa, teniendo que recurrir a servicios de cuidados externos, el cuidado asumido por los Servicios de Salud del Estado o en su caso, el abandono de los ancianos (*ibid*).

La situación de vida de los adultos mayores, en algunos casos es de...

“...independientes de la familia, ya sea por decisión propia porque pierden a su pareja y los hijos se van; debido a que nunca formaron una familia, o simplemente porque la familia no está en condiciones de apoyarlos. En general, vivir solo ocasiona carencias afectivas e implica un cambio importante en las funciones de las personas, lo que los hace más vulnerables en un contexto donde son más propensos a las enfermedades. Según los resultados del censo 2000, en México existen 1.4 millones de personas que viven solas, de las cuales 47.5% son mujeres. La distribución por edad de las casi 700 mil mujeres que forman un hogar unipersonal, muestra que más de la mitad tienen 60 años o más” (INEGI, 2005).

La condición generalizada de vida determina la capacidad de las personas mayores para vivir de forma independiente (por un estado de salud determinado), así como para recibir y proporcionar ayuda, está condicionada por (OECD, 2012):

- “El tipo de vivienda en que viven: chalet o apartamento con servicios colectivos;
- El tipo de servicios instalados: moderno y fácil de usar, baños y cocinas, aire acondicionado, ascensores, aparatos de comunicación y equipo de tecnología de la información;
- La diversidad demográfica de la población en su barrio: las personas que viven en comunidades cerradas para las personas mayores o en comunidades rurales

aisladas, abandonadas por las generaciones más jóvenes seguramente pierden la oportunidad de recibir ayuda de ellas y proporcionarles ayuda.

- La accesibilidad y disponibilidad de los servicios utilizados por personas de todas las edades, como tiendas o supermercados de comestibles, y más concretamente por las personas mayores (de salud, de atención a largo plazo). Esto, a su vez, depende de dos factores: la presencia de estos servicios en su medio ambiente y el transporte: la manera en la que se organiza y es accesible para las personas mayores;
- El costo y la accesibilidad de los servicios que se sustituyen por el tipo de servicios informales que las personas mayores pueden ofrecer; los padres de niños pequeños pueden elegir el cuidado formal (guarderías) o cuidados informales (los abuelos) y su decisión dependerá de los costos respectivos (en el tiempo y dinero) y la calidad de los servicios formales e informales. Los servicios informales son ciertamente menos anónimos, pero también pueden verse como menos fiables que los formales. Los costos varían según el costo de la mano de obra (para el cuidado formal), así como el costo de la hora de conectar con los proveedores;
- La capacidad de las personas mayores para conectarse con sus hijos y nietos, a través de la movilidad física y la tecnología de la información;
- Un sentimiento subjetivo de confianza en su capacidad para vivir y llevar a cabo en su entorno”.

Esta capacidad de vivir de manera independiente de los adultos mayores se puede incrementar debido a las innovaciones tecnológicas, así como su reducción de costos para la aplicación de monitoreo de pacientes de manera remota, ayudando a los adultos mayores a ser más independientes y por otro lado re integrarse a la vida en su ADL, mejorando la calidad de vida (Höpflinger, 1999) y hasta incrementando la posibilidad de aumentar el rango de vida con calidad aceptable (Droogleever, *et al.*, 2006) (Haberkern *et al.*, 2011) utilizando las tecnologías que permitan la vigilancia a distancia por parte de cuidadores ya sean profesionales o familiares, ya sea en el cumplimiento de tratamientos farmacológicos, desempeño en ADL, movilidad y bienestar (Unión Europea, 2010).



Para cumplir con esto, se han desarrollado sistemas como el sistema de alarma social activa (ASA) son la tecnología de monitoreo más común, los cuales se componen de una unidad de teléfono y una alarma portátil para ser activada en caso de emergencia pulsando un botón. El servicio sólo puede ser eficaz si la persona anciana reconoce los casos de emergencias y tiene la capacidad cognitiva y física de presionar el botón (Miskelly, 2001). Este tipo de alarmas son adecuadas para ancianos con deterioro cognitivo, ya que pueden utilizarse una serie de sensores como puede ser el acelerómetro, inclinómetro o giroscopio para detectar caídas. En otros casos los sensores pueden colocarse en las habitaciones del anciano, para detectar sus movimientos, conductas y hasta la apertura/cierre de grifos, puertas o paso de gas (Comisión de Auditoría de 2004, Unión Europea, 2010; Miskelly, 2001; Haberkern et al., 2011).

Los beneficios de la aplicación de las nuevas tecnologías no sólo se ven reflejados en la vida de los adultos mayores, sino que permite hacer frente a los actuales y futuro déficit de atención, además de reducir los costos de atención. El cuidado a largo plazo requiere mucho tiempo de “mano de obra” y desde el punto de vista de negocio (en el cuidado de la salud), las ganancias se verían mermadas.

En los Estados Unidos de Norteamérica se proyecta un incremento de fuerza laboral para el sector salud, debido al proceso de envejecimiento que va de un 2.3% a un 5.3% anual hasta 2050 (Oficina del Departamento de Salud y Servicios Humanos de la Subsecretaría de Planificación y Evaluación y otros de., 2003). Sin embargo, las proyecciones están basadas en diferentes incertidumbres, ya que la evolución de las tecnologías de control y monitoreo de la salud aumenta la esperanza de la sustitución parcial o total de las tareas específicas de cuidado informal y formal sin bajar el nivel y la calidad de la atención. Cabe destacar que México se encuentra entre los países de la OCDE con las proyecciones más bajas de crecimiento en el acceso al Internet, específicamente para adultos mayores (menor del 20% de la población), esto hace más difícil el desarrollo de aplicaciones para seguimiento y monitoreo de los ancianos, los servicios para las

personas de edad tienen que ser proporcionados a la manera tradicional, es decir, ya sea los trabajadores de servicio social, familiar o del sector salud (Haberkern, *et al.*, 2011).

## **b. La depresión**

La depresión es común en muchos países: 121 millones de personas a nivel mundial tienen depresión, sobre la base de informe de la Organización Mundial de la Salud (Lancet, 2001, 27 de octubre, 358 (9291): 1469). La depresión mayor puede ser común en el embarazo. La depresión mayor común entre los adultos en Estados Unidos, 9% de los adultos en Estados Unidos cumplen con los criterios para la depresión actual, incluyendo 3.4% que cumplen los criterios de depresión mayor.

Es una enfermedad mental marcada por sentimientos de tristeza profunda, ausencia de interés en las actividades, sentimiento de culpa, baja autoestima, alteraciones de sueño, apetito y hasta baja capacidad de concentración (Marina, *et.al.*, 2012). La depresión no es lo mismo que la tristeza y también se define como un estado de ánimo persistente que afecta la capacidad de funcionar y de apreciar los aspectos de la vida. Puede provocar una amplia cantidad de síntomas, tanto físicos como emocionales. Las personas con depresión raramente se recuperan sin tratamiento (Macías, *et.al.*, 2010). Para Albretch (*et.al.*, 2007) la depresión es un trastorno de base biológica, también llamado trastorno depresivo mayor o depresión mayor. Este es un trastorno que afecta a los pensamientos y sentimientos de una persona, además de su cuerpo. Puede estar asociada a diversos problemas físicos, tales como los del sueño, apetito, energía, la libido y diversos malestares corporales. La depresión se relaciona con una reducción de actividad fisiológica en diversos sistemas físicos, entre ellos la emoción y la cognición.

Las tendencias de las enfermedades neurológicas y cognitivas (como la depresión) son inciertas. Existe un incremento en la detección de la depresión en la población en general; se presenta en niños, adolescentes y adultos, con diferentes síntomas y causada por muchas razones. Se estima que el 55% de los adultos mayores de 85 años tienen un alto grado de discapacidad, básicamente por la salud física que se ve reflejada en su

ADL; sin embargo, se presentan de manera común factores psicológicos entre los cuales destaca la depresión (Jeon, *et.al.*, 2006).

La depresión se ha convertido en uno de los trastornos psiquiátricos más frecuentes, afecta al 15% de las personas mayores y hasta en un 40-50% de las personas que viven en asilos de ancianos. La depresión en la vejez es un tema importante de la salud y gran parte es debida a su mal diagnóstico y su progresión natural, dando como resultado un mayor uso de los servicios de salud, lo que aumenta los costos médicos (Bonin-guillaume, *et.al.*, 2007).

La depresión se ha dividido en diferentes subtipos de depresión (Albrecht, *et.al.*, 2007) menciona los siguientes:

- Depresión psicótica.
- Depresión catatónica.
- Depresión melancólica.
- Depresión atípica.
- Depresión estacional.

La clasificación de la depresión tiene que ver, en gran parte, con los síntomas que se presentan y que también varían de una persona a otra. A pesar de que pueden cambiar con el tiempo, los síntomas suelen ser:

- Sentimientos constantes de tristeza, ansiedad o vacío.
- Desesperanza.
- Sentimientos de culpa, inutilidad e incapacidad.
- Falta de interés en actividades y pasatiempos.
- Falta de interés en el sexo.
- Cansancio.
- Problemas para concentrarse, recordar o tomar decisiones.
- Problemas para dormir, madrugar o dormir de más.

- Comer más o menos de lo acostumbrado.
- Pérdida de peso o sobrepeso.
- Pensar en la muerte o en el suicidio (puede incluir intentos de suicidio).
- Intranquilidad o irritabilidad.
- Síntomas físicos que desafían los diagnósticos convencionales y no responden a los tratamientos clínicos.

### ***Detección y diagnóstico de la depresión***

Actualmente se ha mostrado un incremento en la realización de estudios relacionados con la depresión, ya que se ha encontrado que su morbosidad<sup>28</sup> genera diferentes síntomas en los pacientes que tienden a degradar la calidad de vida en las ADL y hasta acelerar el proceso de mortandad. La depresión no tratada puede prolongarse durante semanas, meses o años. Este trastorno tiene su anormalidad y mortalidad asociadas. La morbosidad es consecuencia del deterioro funcional que sufre la persona en el campo laboral, de estudios y de las relaciones sociales. La mortalidad se debe a muertes por suicidios o por accidentes debidos a los deterioros funcionales (Albrecht, et.al., 2007).

En México hay un estudio para detectar la Depresión en Adultos Mayores. Este “Cuestionario de Depresión” desarrollado a partir del Estudio Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México (ENASEM) es un instrumento confiable para diagnosticar la depresión e adultos mayores, ya que resultó ser 80.7% más certero que el EDG en su versión en español (Yáñez-luis, *et al.*, 2009).

No existe un análisis fisiológico o biológico como sería una prueba de sangre o similar para llevar a cabo una detección o diagnóstico de la depresión. Para esto existen diferentes métodos para detectar y diagnosticar un estado de depresión. Estos métodos se basan en el seguimiento por medio de interrogatorios con respecto a sus síntomas y

---

<sup>28</sup> Morbosidad: f. Conjunto de casos patológicos que caracterizan el estado sanitario de un país (rae,2017).

antecedentes clínicos haciendo hincapié en el consumo de alcohol, drogas, pensamientos de muerte o suicidio, patrones de sueño, episodios previos de depresión y patrones de conducta en la vida diaria (Albrecht, *et.al.*, 2007).

De manera común se utilizan diferentes cuestionarios normalizados para la detección de la depresión. Estos son diversos y con diferentes ajustes, como la versión rápida o corta, adaptaciones de idioma y hasta regionalismos. Entre los más conocidos están:

- La Escala de Clasificación de la Depresión de Montgomery-Asberg (MADRS por sus siglas en inglés).
- El Inventario Rápido de la Sintomatología Depresiva (QIDS).
- La Escala de Depresión Geriátrica (EDG).
- El Inventario de Escala de Depresión de Hamilton (HRD).
- El Inventario de Depresión de Beck (BDI).
- El Inventario de Escala de Depresión de Liverpool-Evans (ELDRS).
- Entre otros<sup>29</sup>.

Actualmente existen pocos estudios que determinen la relación de marcadores biológicos-fisiológicos que ayuden a determinar un estado de depresión. Suraki (*et.al.*, 2012) proponen una metodología que se basa en el principio del Internet de las Cosas para hacer un diagnóstico de la depresión, basándose específicamente en las ADL. Sin embargo, no utilizan medios para poder correlacionar la parte fisiológica o biomarcadores para este diagnóstico y no dan pruebas de la confiabilidad del método.

---

<sup>29</sup> Las siglas de los inventarios se presentan en español o inglés, esto es de acuerdo a la forma mas común en que se identifica el instrumento (nota del autor).

## ***La Depresión en Adultos Mayores***

En este apartado se entenderá el concepto de Adulto Mayor si las condiciones que lo caracterizan, así como la depresión, y en específico la depresión en adultos mayores, para poder identificar la sintomatología, las condiciones en las que se presenta la enfermedad. Por último, se identificarán los datos que pueden aportar información suficiente para hacer una correlación que permita la identificación de un estado de depresión en los adultos mayores.

En México, se proyecta un crecimiento de la población de edad avanzada en donde 15.2 millones (11.7%) de personas tendrán 65 o más años para el 2030. La depresión es uno de los padecimientos psiquiátricos más comunes en los adultos mayores. Sin embargo, muchas de las veces este padecimiento está mal diagnosticado y en su caso, mal tratado (Crawford, *et.al.*, 1998). Esto lleva a muchas consecuencias como el aumento en el costo del tratamiento del paciente, muerte por suicidio y problemas familiares (Cullum, *et.al.*, 2006).

El correcto diagnóstico de la depresión en adultos mayores se complica cuando los padecimientos vienen acompañados de enfermedades crónicas, como suele suceder en pacientes de este tipo. Además, el factor de vida diaria y las condiciones de soledad o acompañamiento. En los Estados Unidos de Norte América, hasta el 60% de la población de adultos mayores puede presentar síntomas de depresión y el 77% de estos presentan problemas o enfermedades cardíacas (Delville, 2008). De la misma forma, los síntomas pueden estar enmascarados por otros padecimientos, incluso por la somatización de padecimientos propios del deterioro natural del envejecimiento (Dorfman, *et.al.*, 1995).

El otro aspecto relevante en la depresión de los adultos mayores es el costo que representa a la sociedad, dicha combinación conlleva a padecimientos cognitivos, motrices, conductuales, entre otros (Mavis, 1995). Los problemas comunes como el olvido o descuido se vuelven comunes, haciendo peligrosa su estancia individual, sin compañía o cuidados. Esto puede llegar a costar millones en el pago de tratamientos,

medicinas, hospitalización y que van directamente al erario, a los familiares o cuidadores y en algunos casos los pacientes carecen de recursos para poder llevar a cabo un tratamiento.

### **c. Fisiología de la depresión y la correlación de la temperatura, ritmo cardiaco, patrones de movimiento y la depresión en los adultos mayores.**

Como se ha visto, existen métodos para diagnosticar un cuadro de depresión mayor; sin embargo, estudios recientes han encontrado relación de signos fisiológicos con la depresión, como pueden ser los cambios de la temperatura y el ritmo cardiaco. En este apartado se pretende identificar la posible correlación de la temperatura, el ritmo cardiaco y el patrón de movimientos con un cuadro de depresión en adultos mayores. Para esto, primero se identificarán los parámetros del ritmo cardiaco (RC) y sus características: la relación del RC con la depresión, los cambios de temperatura y los valores estándares y por último la importancia de la relación de los anteriores con el patrón de movimientos en el ADL.

Existen algunos estudios en donde se relacionan diferentes datos biológicos o signos vitales que se obtienen de los pacientes para identificar los síntomas de enfermedades y padecimientos críticos. Entre estos datos se encuentran datos importantes, como la temperatura corporal, el pulso, el ritmo cardiaco, etc. Los datos que arrojan las mediciones en el cuerpo humano tienden a variar de acuerdo a condiciones de edad, estado emocional y condición física y comúnmente se relacionan entre sí para poder diagnosticar enfermedades o padecimientos.

#### ***El Ritmo Cardiaco***

Se deberá entender al Ritmo Cardiaco(RC) y la Frecuencia Cardiaca como un solo término y en este estudio se hará referencia a uno u otro. Para medir el RC existen diferentes métodos, cada uno de ellos busca medir la frecuencia del intervalo entre pulsación y pulsación del corazón (ciclo cardiaco) y, a partir del mismo, se determina su inversa, es decir, la frecuencia con la que se repite la activación cardiaca por unidad de

tiempo que, en condiciones normales, está comprendida entre 60 y 100 pulsaciones por minuto (Chorro, 2007).

El RC tiene límites altos y bajos de pulsaciones por minuto, cada uno puede revelar factores fisiológicos que determinan un estado de salud. Para calcular el máximo ritmo cardiaco, comúnmente, se usa la fórmula:  $220 - \text{edad} = \text{Nivel máximo (A)}$ . Esta fórmula funciona muy bien con personas de edad por debajo de los 40 años; sin embargo, para personas mayores existe la fórmula propuesta por Bauman en donde se establece como valor máximo 208, que se resta al resultado de la multiplicación de 0.75 por la edad (Zimmermann, 2015). Sin embargo (Hirofumi, *et.al.*, 2001) realizó un estudio en donde la aplicación de esta fórmula llevó a encontrar errores en los adultos mayores con una diferencia igual o superior a las 10 pulsaciones, lo que implica un rango muy grande como parámetro de error en una medición, misma que llevaría a subestimar el verdadero estado físico de un adulto mayor en una situación de estrés derivado de alguna situación como el ejercicio.

El RC es muy variable durante el día y la noche o respecto a las actividades físicas de las personas y esto es muy normal, de hecho una persona con una alta variabilidad del RC se considera una persona sana en lo referente al corazón: por el contrario, las personas con una baja Variabilidad del Ritmo Cardiaco (VRC) se asocian con daños cardiacos y deficiencias en el sistema nervioso autónomo (relacionado con el nervio vago (Lee, *et.al.*, 2012).

Existe la posibilidad de pacientes con un RC bajo, mismo que se denomina Bradicardia y es una arritmia o un desorden en el ritmo del corazón. Cada día el corazón debe latir cerca de 100,000 veces, un promedio de 60 a 100 pulsaciones por minuto (“Slow Heart Beat,” 2015). La bradicardia significa que el corazón está latiendo muy lento, esto es, por debajo de los 60 latidos por minuto; esto puede ser normal o saludable. Sin embargo, también es un signo de problemas con el sistema eléctrico del corazón y puede llegar a generar fallas en la disminución del bombeo del corazón de acuerdo a las necesidades



del cuerpo. Hombres y mujeres por arriba de los 65 años tienden a desarrollar un lento ritmo cardíaco, que es síntoma propio del envejecimiento.

La Variabilidad de la Frecuencia o Ritmo Cardíaco (VRC) es una herramienta que representa el balance de la actividad del nervio (Vago) Simpático y Parasimpático del sistema nervioso autónomo. Este refleja de manera muy confiable diversos factores fisiológicos de acuerdo a la modulación del ritmo cardíaco (Acharya, *et.al.*, 2006). Los nervios simpático y parasimpático llevan señales (motoras) eferentes al corazón y señales aferentes<sup>30</sup> al cerebro para las funciones del baroreflejo. En los seres humanos, un corazón humano sin entrada autonómica, en un periodo de descanso la tasa de latidos por minuto es de 100. Sin embargo, durante condiciones de reposo, la influencia del parasimpático es dominante y el ritmo cardíaco es típicamente más cercano a 70 latidos por minuto (“DSI,” 2015).

Está comprobado que la VRC depende de la edad y el sexo. La VRC es mayor en las personas jóvenes y en las mujeres de edad avanzada que son activas físicamente. De la misma manera, los niños recién nacidos tienen menor la VRC que las niñas. Y se ha demostrado de que la VRC decrece con la edad y presenta una tasa más baja de variabilidad en las mujeres que en los hombres (Acharya, *et al.*, 2006).

La forma en que se mide la VRC puede ser lineal o no lineal. En la VRC la variación en el tiempo del período entre latidos consecutivos depende principalmente de la regulación extrínseca del RC. La VFC se cree que reflejan la capacidad del corazón para adaptarse

---

<sup>30</sup> Aferente: Del lat. *affērens*, *-entis*. 1. adj. Que lleva. 2. adj. Anat. y Psicol. Dicho de una formación anatómica: Que transmite sangre, linfa, otras sustancias o un impulso energético desde una parte del organismo a otra que respecto de ella es considerada central. 3. adj. Anat. y Psicol. Dicho de un estímulo o de una sustancia: Transmitido por una formación anatómica aferente (rae, 2017).

a las circunstancias cambiantes de detectar y responder rápidamente a los estímulos impredecibles (Acharya, *et al.*, 2006).

Existen diferentes métodos para medir la VRC. En primer lugar, existen los métodos de “Dominio del Tiempo” en los que se mide básicamente un periodo de tiempo en donde se buscan los intervalos normal a normal (NN) previamente grabados en un Electrocardiograma (ECG) identificando cambios entre el día y la noche o periodos de actividad y reposo (AHA and ESC, 1996).

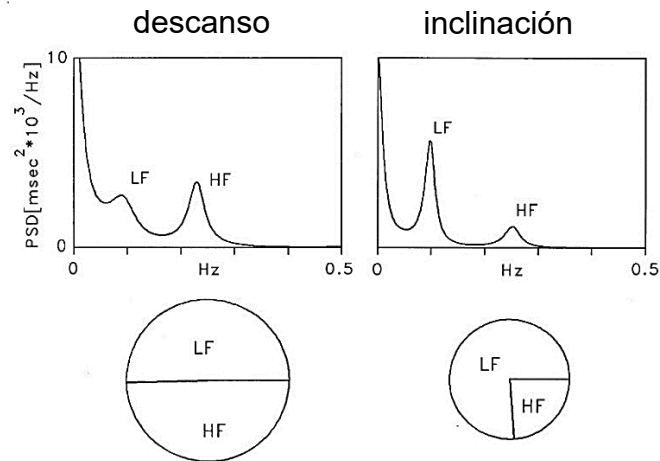
Otra forma es la estadística, en la cual se miden periodos mínimos de 24 horas y se hace un análisis posterior de estadística avanzada y a su vez se dividen en dos: los que se toman directamente de la medición NN y los otros que se toman de las mediciones de las diferencias de NN.

También están los métodos geométricos, en los que NN se puede convertir en un patrón geométrico mediante la aplicación de un algoritmo.

Un método más complejo es el que se ha usado desde finales de la década de los 60. El Método de Dominio de Frecuencias es aquel que mide la “Densidad de la Potencia<sup>31</sup> del Espectro”. Este es el que da información básica de cómo la potencia se distribuye como una función de frecuencia. Este método ha permitido diferenciar, básicamente, la VRC en tres formas (Chorro, 2007): la Muy baja Frecuencia (VLF, 0.0033 to 0.04 Hz), la Baja Frecuencia (LF, 0.04 to 0.15 Hz) y Alta Frecuencia (HF, 0.15 to 0.4 Hz) como se ve en la Figura 2.6

---

<sup>31</sup> Se refiere a potencia (esfuerzo electromotriz) a la actividad eléctrica que se desarrolla entre pulsación y pulsación.



**Figura 2.7 muestra el análisis espectral (Método auto-regresivo 12) del intervalo NN de un sujeto saludable, en donde se detectan las dos frecuencias HF y LF (AHA and ESC, 1996).**

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) se utiliza como un marcador de la modulación autonómica del corazón. Un nivel bajo de la VFC es indicativo de la desregulación de la función autonómica cardiaca y un predictor de mal estado de salud (Dekker citado en (Chen, *et.al.*, 2010)). Otros estudios han determinado que el envejecimiento, *per se*, es acompañado por la disminución de la autonomía cardiaca. Esta VFC también se relaciona con el incremento en la incidencia de eventos cardiacos.

### ***El ritmo cardiaco en la depresión***

La variabilidad del ritmo cardiaco (RC) se piensa que es un índice fisiológico de la capacidad de regulación de las emociones debido a que muchas de las estructuras del cerebro involucradas en la regulación de las emociones, también están involucradas en la regulación autónoma del sistema nervioso. Por ejemplo, está bien definido que el funcionamiento ejecutivo está mediado por el córtex prefrontal y este está asociado a la regulación de las emociones (Beevers, *et.al.*, 2011). Estudios llevados a cabo por Beevers, (Kooy, *et.al.*, 2006) y por (Katsamanis, *et al.*, 2007) sugieren que la baja variabilidad en la frecuencia del ritmo cardiaco, la alteración de sensibilidad del

baroreflejo<sup>32</sup> y los cambios en la frecuencia cardíaca, puede ser un factor determinante para identificar la presencia de un estado de depresión mayor.

Beevers (*et al.*, 2011) llevó a cabo estudios en los que propone que la Variabilidad del Ritmo Cardíaco (VRC<sup>33</sup>) sirve como medio, de acuerdo a la teoría del nervio vago de Porge<sup>34</sup> (Borsetein, Citado en Beevers, *et al.*, 2011) para identificar estados emotivos, ya que se piensa que es un índice fisiológico de la capacidad de regulación de las emociones, porque muchas de las estructuras cerebrales involucradas en la regulación de las emociones también están involucradas en la regulación del sistema nervioso autónomo. De la misma manera se utiliza como marcador de la modulación autónoma del corazón. Una VRC baja indica desregulación de la función autónoma cardíaca y predice un mal estado de salud (Chen, *et al.*, 2010). Por otra parte, está demostrado que el proceso de envejecimiento muestra una tendencia a bajar la VRC.

(Jain, *et al.*, 2014) determinaron que una tasa baja en la variabilidad del RC está relacionada con un estado de depresión mayor. Los datos obtenidos en el estudio de Jain, sugieren que el monitoreo del RC puede ser un biomarcador para la prognosis y

---

<sup>32</sup> El Baroreflejo "...es el mecanismo por el cual los barorreceptores regulan la presión arterial, que incluye la transmisión de los impulsos nerviosos de los barorreceptores a la médula, en respuesta a un cambio en la presión arterial y que produce vasodilatación y una disminución en la frecuencia cardíaca, cuando aumenta la presión arterial y la vasoconstricción; y un aumento en la frecuencia cardíaca cuando la presión arterial disminuye" (Webster, 2015). Los barorreceptores son mecanorreceptores localizados en el seno carotídeo y en el arco aórtico. Su función es detectar cambios de presión por responder al cambio en la tensión de la pared arterial ("DSI," 2015).

<sup>33</sup> Variabilidad del Ritmo Cardíaco o Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca

<sup>34</sup> La teoría de Porge dice que "el nervio vago afecta la aceleración y desaceleración del ritmo cardíaco durante la respiración. Se dan mayores resultados de entrada parasimpático con más aceleración después de la inspiración y mayor desaceleración después de la expiración. Como resultado, los intervalos entre latidos del corazón pueden ser muy variable, dependiendo en parte de la entrada parasimpática. Esta variabilidad en los intervalos entre latidos del corazón es la variabilidad de la frecuencia cardíaca"(Beevers, *et al.*, 2011).

predicción de eventos en el tratamiento de Depresión Mayor, ya que se puede utilizar para evaluar el efecto de la psicopatología de la enfermedad y el equilibrio entre las funciones simpático-parasimpáticas, además de ser de bajo costo, no invasivo y de fácil medición (Lee, *et.al.*, 2012).

Leibenluft, citado en Barbini (*et.al.*, 1998) identificó que los pacientes afectados por un estado de depresión mayor reportan en su seguimiento médico una importante variación en la intensidad de la sintomatología percibida durante el día. Típicamente, se reporta que el estado de ánimo es peor por las mañanas, la importancia clínica de esta fluctuación circadiana se demuestra con la observación que el comportamiento manifiesta.

Para llegar a esta determinación Barbini (*et. al.* 1998) llevaron a cabo un estudio a pacientes diagnosticados previamente con la versión de 21 reactivos de la Escala de Valoración de la Depresión de Hamilton (HRSD). De la misma manera se les aplicó una valoración del estado de ánimo diurno, clasificado por medio de una Escala Análoga Visual (*Visual Analogue Scale*, VAS) y se midió la temperatura de la piel cada 2 horas consecutivamente por 2 días. La combinación de datos determinó que cada uno de los pacientes presentaba una depresión extrema.

Por otra parte, Liang (*et.al.*, 2015) llevaron a cabo un estudio para poder identificar la variabilidad del RC dónde se aplicó a 160 pacientes con estado de depresión mayor y 50 pacientes sanos como grupo de control. Los resultados fueron:

1. No existe una clara diferencia de la VFC entre un paciente con un desorden mental (Estado de Depresión Mayor, EDM) y un paciente “Sano”, ambos en estado de estrés.
2. De la misma manera, no existe una diferencia clara en la VFC en un estado de reposo.
3. La frecuencia cardíaca alta y baja fueron diferentes en los dos grupos. Los pacientes con EDM presentaron una tendencia a valores más altos en la frecuencia alta y más bajos en la frecuencia baja. Mientras que el grupo de control tiende a bajar la frecuencia alta e incrementar la frecuencia baja.

Del estudio presentado anteriormente, se puede destacar el resultado del punto tres. Ya que, para fines de este estudio, la diferenciación de una frecuencia alta mayor que los pacientes saludables y una frecuencia menor más baja puede ser el indicador fisiológico que ayude al monitoreo y quizá la detección de un EDM.

Sin embargo, Alexopolus, (*et. al.*, 2008) dicen que no se ha podido establecer un marcador biológico de la depresión que se le relacionen las anomalías cerebrales, ya que la mayoría de los síntomas que presentan los pacientes adultos depresivos asemejan síndromes con fondo neuroanatómico, además de la carga global de salud (otros padecimientos), discapacidad, medio ambiente, etc. (*opcit*).

La afirmación de Alexopolus se ve opacada con las investigaciones presentadas anteriormente, especialmente la llevada a cabo por Liang. Estas afirman una relación con la VRC, además de los cambios en los valores de la frecuencia alta y baja. Esto da pie y refuerza la idea del uso de la VRC como herramienta para el monitoreo de EDM.

### ***La Temperatura Corporal y de la piel***

La temperatura corporal no puede ser definida exactamente, ya que depende de diversos factores como el medio ambiente, la salud de la persona, la vestimenta, el estado de reposo o movimiento, etc. El valor promedio también tiende a variar ya que se habla de la temperatura interna y externa o de la piel (Houdas, 1982; Goyal Megh, 2014).

La temperatura corporal se divide en temperatura interna (*core*) y externa o de la piel. La primera abarca el tórax, cráneo y abdomen y regularmente se mantiene a 37°C (98.6°F) (William, 1994). Las demás partes del cuerpo pueden variar de acuerdo al clima y situación. Por ejemplo el esófago puede tener una diferencia de hasta 1°C por debajo de la temperatura del recto (Greger, 1996). Esta media de temperatura se da bajo el concepto de neutralidad térmica que comprende de una temperatura ambiental (incluye ropa) que varía de 30°C a 22°C (Houdas, 1982).

La temperatura externa o de la piel tiende a variar mucho y de acuerdo a diversos factores como el medio ambiente, factor de transferencia de calor dado por el intercambio de las condiciones ambientales como la radiación, sudor, ropa, ventilación, etc. Es por eso que la lectura de la temperatura de la piel debe ser tomada como algo significativo o relativo y no como un factor determinante, ya que la temperatura de la epidermis puede llegar a medir hasta 33°C (Greger, 1996). La piel funge como un termorregulador, que busca igualar o liberar el calor necesario para encontrar una estabilidad térmica. Por ejemplo, la respuesta inmediata a una caída en la temperatura ambiental es la reducción de la temperatura en la piel de 2°C a 3°C (Houdas, 1982). La misma puede fluctuar entre 33°C y 34°C (J.W., et.al., 2006).

La temperatura de la piel tiende a variar de acuerdo al momento del día, del estado de salud de la persona y el medio ambiente. Diferentes partes del cuerpo pueden registrar disímiles medidas de temperatura. Las extremidades suelen estar más frías que el resto del cuerpo (William, 1994).

### ***La temperatura corporal en la depresión y el ritmo circadiano de vida***

Se llevó a cabo una búsqueda de la relación posible entre la temperatura corporal y un estado de depresión, sin embargo, hay pocos estudios determinantes que pudiesen identificar dicha relación o que insinúen alguna correlación entre estos factores. (Barbini, et.al., 1998) dice que la temperatura podría ser una buena medida para detectar el estado emocional del paciente, sobre todo en adultos mayores depresivos. Y (J.W., et.al., 2006) llevaron a cabo un estudio en donde midieron la temperatura de la mano, buscando correlacionar variaciones de la misma con estados de estrés.

Otros estudios sugieren que los adultos mayores pueden tener una fluctuación de temperatura cercana al 30% en su ritmo circadiano de vida (RCV)<sup>35</sup>, mientras que los pacientes que no presentan un estado depresivo sólo tienen una variación cercana al 6%, porcentaje que se considera normal en un ciclo de 24 horas para el ser humano.

El RCV es un proceso biológico natural, que hace que los seres vivos generen cambios en sus signos vitales, ya que las funciones biológicas tienden a aumentar o disminuir de acuerdo al día o la noche. En casos de enfermedad, se pueden registrar diversos datos, mejor llamados signos vitales, como la temperatura, el ritmo cardiaco, el pulso y hasta la actividad eléctrica cerebral.

El RCV también se muestra en los cambios de temperatura que hay durante el día. La temperatura suele ser más baja durante la mañana, muy temprano pueden registrarse temperaturas orales de 36.3°C y por la tarde de hasta 37.1°C. La temperatura interna puede registrar incrementos que pueden confundirse durante un lapso de ejercicio, ya que pueden llegar a elevarse hasta los 40°C (Greger, 1996).

Sin embargo, (Barbini, et al., 1998) llevaron a cabo otro estudio tratando de identificar la relación entre los estados de ánimo depresivos y la temperatura de la piel durante el RCV. Ellos no encontraron signo alguno que pudiese correlacionarlos, aunque hacen mención de la falta de control de su toma de medidas de temperatura (arropamiento, ingesta de comida, actividad física, etc.).

---

<sup>35</sup> El Ritmo circadiano de vida: son los cambios físicos, mentales y conductuales que se dan durante las 24 horas del día, respondiendo principalmente a la situación de luz-obscuridad en el ambiente de un organismo. Se encuentra en la mayor parte de las cosas vivientes, incluyendo animales, plantas y muchos microbios. El estudio de los ritmos circadianos es también llamado cronobiología (Sciences, 2014).



## Capítulo 3:

# **Estudio Empírico**

## Capítulo 3: Estudio Empírico

### La investigación Empírica

La investigación científica tiene tres enfoques: el cualitativo, el cuantitativo y el mixto (Hernández, *et.al.*, 2010). Cada uno se caracteriza por sus características propias, sus procesos y bondades o dificultades. El enfoque cualitativo se caracteriza por el estudio de objetos o fenómenos de la realidad y de manera común no se requiere la comprobación de hipótesis, ya que éstas se generan y refinan conforme se van recabando datos o se tienen más resultados de los estudios. Este enfoque se basa en métodos de recolección no estandarizados, por lo que no es necesaria una medición numérica y en consecuencia no hay análisis estadístico (Ferruzca, 2008). Por otra parte, en el enfoque cuantitativo los planteamientos a investigar son específicos y delimitados desde el inicio del estudio. Se debe cuantificar una comparación entre dos o más grupos, variables e identificar la relación causa-efecto.

La investigación cualitativa y cuantitativa se pueden clasificar de acuerdo con la estrategia elegida para llevar a cabo el estudio. Estas estrategias pueden ser: experimentos, estudios de caso o encuestas. Por ejemplo, los experimentos suponen una investigación formal y detallada que se ejecuta en condiciones controladas. El estudio de caso está orientado a la comprensión en profundidad de un objeto, hecho, proceso o acontecimiento en su contexto natural. Y la encuesta es una investigación amplia donde la información se recoge en una forma estandarizada de un grupo de personas o proyectos (Ferruzca, 2008).

El objetivo de la presente investigación pretende explorar las posibilidades de monitorear los biomarcadores que puedan identificar un estado de depresión mayor en un adulto mayor, lo que lleva a una observación del fenómeno en el contexto natural de los acontecimientos. Dicha observación requerirá de un objeto tecnológico que permita llevar a cabo la observación y posible recolección de información útil para los efectos; proceso que lleva a determinar la necesidad de un estudio de caso o varios. Por esta razón se ha

decidido que el estudio de caso es la mejor opción para elaborar una investigación *ad hoc*.

## **Elaboración de un Estudio de Caso**

El estudio de caso es ampliamente utilizado en varias disciplinas como método de investigación; sin embargo, no hay mucha literatura con respecto a la forma adecuada de aplicación y la forma en que deba llevarse a cabo un análisis inductivo de datos cualitativos (Martínez, 2006). Los estudios de caso poseen sus propios procedimientos y clases de diseño que están a la par del diseño experimental, no experimental, cualitativos y cuantitativos (Hernández, *et.al.*, 2010).

Para Reyes (1999) el estudio de caso “...es un examen intensivo de una entidad individual de una categoría o especie. Esta técnica permite la recopilación e interpretación detallada de toda la información posible sobre un individuo, una sola institución, una empresa, o un movimiento social particular”. Mientras que para Martínez (2006) “...el método de estudio de caso es una herramienta valiosa de investigación, y su mayor fortaleza radica en que a través del mismo se mide y registra la conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado, mientras que los métodos cuantitativos sólo se centran en información verbal obtenida a través de encuestas por cuestionarios.” y para Sampieri, *et. al.* (2010) el estudio de caso se define como “...estudios que al utilizar procesos de investigación cuantitativa, cualitativa o mixta analizan profundamente una unidad para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría”.

Reyes (1999) cita a Yin, quien distingue tres usos del estudio de caso: el exploratorio, cuyos resultados pueden ser usados como base para formular preguntas de investigación más precisas o hipótesis que puedan ser probadas; el descriptivo, que intenta describir lo que sucede cuando un producto nuevo es desarrollado o lanzado al mercado; y el explicativo, que facilita la interpretación de las estrategias y procesos que utiliza una compañía en particular. Un estudio de caso puede mostrar los efectos de una tecnología

en una situación en particular, además de ser el método preferido por las ciencias blandas como la psicología, medicina y la sociología.

En cualquiera de estas definiciones cabe la posibilidad de aplicación para el presente estudio. Básicamente porque se podrá observar el fenómeno (el estado de depresión en Adultos Mayores) bajo el contexto real, sin manipulación de variables. Por otra parte, se analizará a profundidad el desarrollo de un producto o varios para llevar a cabo la tarea (monitoreo de los adultos mayores). El nivel exploratorio servirá para la validación del uso y acierto en el uso del artefacto a desarrollar, mientras que el nivel descriptivo ayudará a elaborar los casos del desarrollo del artefacto.

Ferruzca<sup>36</sup> (2008) elabora una amplia investigación respecto al método de estudio de caso, analiza diferentes enfoques para la aplicación del mismo, así como sus características. De la misma manera, plantea una guía de siete pasos para administrar estudios de caso orientado a evaluar métodos y herramientas en ingeniería del software. Aunque se habla sólo de ingeniería de software, es viable la aplicación para desarrollo de hardware y software.

Los siete pasos propuestos son (...):

1. Definir la hipótesis. Implica definir el efecto que se espera de la implementación de un método o herramienta.
2. Seleccionar los proyectos piloto. Implica elegir proyectos piloto que sean representativos de la organización. Conforme más representativos sean los proyectos, mayores las posibilidades de obtener resultados útiles.
3. Identificar los métodos de comparación. Un estudio de caso es comparativo por naturaleza. Se comparan los resultados obtenidos utilizando un método con los

---

<sup>36</sup> No se visualiza la necesidad de ampliar el tema respecto al concepto de la metodología del caso de estudio. Esto es debido a la existencia de la propuesta hecha por el Dr. Ferruzca como se menciona antes.

resultados después de haber utilizado otro. Hay tres formas de organizar un estudio para facilitar la comparación: *sister project*<sup>37</sup>, *company baseline*<sup>38</sup>, *random evaluation of individual components*<sup>39</sup>.

4. Minimizar el efecto de confundir factores. Implica minimizar la dificultad de poder distinguir los efectos de un factor de los efectos de otro factor.
5. Planear el estudio de caso. Implica identificar todos los aspectos en que se ha de prestar atención para que la evaluación se ejecute sin ningún contratiempo. Requerimientos, procedimiento para recoger los datos, las personas encargadas de recoger los datos y calendario de actividades son algunos de los aspectos a considerar.
6. Vigilar el desarrollo del estudio de caso con respecto al plan base. Implica vigilar el progreso y resultados del estudio de caso en relación con el plan original.
7. Analizar y reportar los resultados. Implica elegir los procedimientos de análisis adecuados en función del número de *ítems* a analizar.

Por otra parte, Freimut (*et.al.*, 2002) propone una metodología para la investigación empírica, en donde la misma metodología de estudio de caso va a dirigida a la ingeniería de software. En donde...

“Los estudios empíricos en ingeniería de software o ingeniería de software experimental se direccionan en este sentido. Estudios empíricos tales como el caso de estudio, experimentos o investigaciones exploratorias, investigan las fortalezas y debilidades de métodos de ingeniería de software existentes, técnicas y herramientas. Los estudios empíricos resultan en conocimiento

---

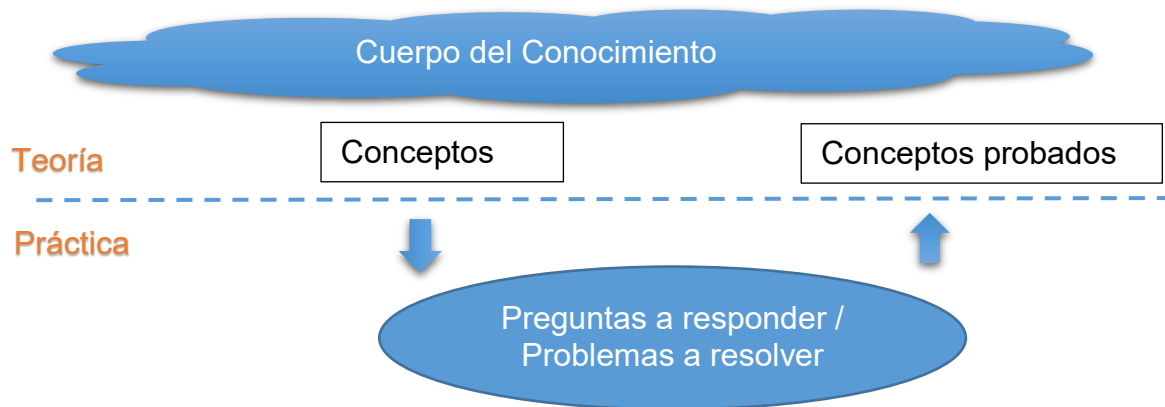
<sup>37</sup> El estudio de caso implica dos proyectos, uno que emplea el nuevo método y otro que emplea el método tradicional.

<sup>38</sup> El estudio de caso implica comparar los resultados obtenidos a través del nuevo método con el registro de los datos que la compañía almacena de proyectos previos o proyectos similares.

<sup>39</sup> Si el método se orienta a componentes individuales, entonces se sugiere aplicar de manera aleatoria a algunos componentes del producto y no a otros. El estudio de caso se asemeja a un experimento porque es posible emplear métodos estadísticos estandarizados y valores replicados para analizar las variables de respuesta.

empírico o en conocimientos probados. Esto deberá ser añadido al “Cuerpo de conocimiento” general acerca de la teoría de la ingeniería de software. Los conceptos que surjan de este cuerpo de conocimiento serán utilizados para resolver nuevos problemas in la práctica de la ingeniería de software. Los Estudios Empíricos son, por lo tanto, una guía para llevar a cabo procedimientos en la Ingeniería de Software” (Freimut, *et al.*, 2002).

En la Figura 3.1 se ve esquematizado el proceso que se aplicaría a este método. Aun cuando se habla sólo de ingeniería de software, el método visualiza seis pasos que pueden aplicarse a un Sistema que conlleva un software y hardware para su funcionamiento. Este sistema dependerá del contexto en el que se aplicará y el proceso debe adaptarse a la situación, dando lugar a la obtención de datos empíricos de acuerdo a su contexto y pueden convertirse en conocimiento para el “cuerpo de conocimiento”.



**Figura 3.1 Esquema de la propuesta de Freimut**

Esta propuesta se compone de seis fases denominadas como un “Proceso de Alto Nivel para Estudios Empíricos” (Freimut, *et al.*, 2002) y que, a consideración del autor, parece ser más adecuada para las necesidades de la propuesta realizada, ya que es un sistema que conlleva *software* y *hardware*, son:

- “Definición de estudio: el objetivo de este paso es determinar la meta del estudio que se desarrollará. Con base en la meta y otros factores, se deberá seleccionar una estrategia empírica.
- Diseño: El objetivo de este paso es hacer operacional la meta del estudio. Dependiendo del tipo de medición de los datos obtenidos, la meta tiene que ser expresada de una manera cuantitativa (incluyendo una hipótesis formal en lo que se espera) cuando los datos cuantitativos sean recolectados o redefinidos en preguntas que serán respondidas a través de observación, entrevistas o cuestionarios. Deberán seleccionarse métodos adecuados de análisis. La selección del método de análisis deberá tomar en cuenta el tipo de información (por ejemplo cuantitativo, cualitativo, escala de medición) y la meta del estudio empírico. Finalmente, el procedimiento para conducir la investigación empírica que se ha ideado se registra en un plan de estudio. Este plan describe qué es lo que se necesita hacer, quién y cuándo lo hará.
- Implementación: El objetivo de este paso es producir, recolectar y preparar todo el material que se requiere para llevar a cabo el estudio empírico, de acuerdo con el plan de estudio. El material que se deberá preparar incluye el material importante para la recolección de datos (por ejemplo, formularios, herramientas para recolección de datos, cuestionarios, protocolos de entrevista, etc.). De la misma forma, deberán recolectarse todos los elementos necesarios, como los documentos a inspeccionar, sistemas a modificar, etc. Normalmente se lleva a cabo una prueba piloto (también llamada pre estudio o prueba), en donde se ejecuta una prueba para detectar y corregir deficiencias o errores en los productos preparados o en el caso de estudio.
- Ejecución: El objetivo de este paso es probar o ejecutar el estudio de acuerdo al plan de estudio y recolectar los datos necesarios.
- Análisis: El objetivo de este paso es analizar la información recolectada con el fin de responder a la operación del estudio de acuerdo a la meta. El análisis debe

llevarse a cabo con los métodos previamente seleccionados en la definición del estudio.

- Empaquetado: El objetivo de este paso es reportar el estudio y sus resultados para que las partes externas puedan entender el resultado y su contexto, de la misma manera para que sea replicado el estudio en contextos diferentes”.

Estos pasos son generalizados; sin embargo, pueden hacerse ajustes de acuerdo a la naturaleza del estudio y sus necesidades. En lo referente a este trabajo de investigación se presentarán tres estudios de caso conforme se fue avanzando en el desarrollo del sistema y los ajustes que se tuvieron que hacer.

A continuación, se presentan tres estudios de caso que siguen metodologías diferentes, dada la naturaleza de su alcance: el primero presenta una orientación de desarrollo de software y hardware, mientras que el segundo tiene una orientación hacia la usabilidad de la tecnología.



## Estudio de Caso 1: MAMD1

El presente caso ha tenido por objetivo explorar qué tipo de recursos tecnológicos existentes permiten ejecutar la tarea de Monitoreo de Adultos Mayores con Depresión (MAMD). Para este caso se llevó a cabo una revisión de software y hardware disponibles bajo la idea de emplear tecnología abierta.<sup>40</sup> Se han revisado las capacidades necesarias, factores de precisión y facilidad de uso para el desarrollo de un artefacto o sistema que permita llevar a buen término el objetivo del estudio.

El presente reporte se organiza en cinco apartados conforme a la propuesta metodológica de (Ground, 2011):

1. Identificación de la situación.
2. Diseño del estudio de caso.
3. Conducción del estudio de caso.
4. Análisis de resultados.
5. Conclusiones.

### Identificación de la situación

Para poder llevar a cabo el monitoreo en adultos mayores, es necesario determinar el *hardware* existente y accesible con el cual se puede llevar a cabo la tarea. De la misma manera, hay que conocer las diferentes aplicaciones existentes del tipo *Open Source* que permitan desarrollar el “artefacto” de la manera más simple posible y con el menor consumo de recursos.

Respecto al hardware se requiere:

---

<sup>40</sup> En cuanto a Abierto se refiere al concepto de Open Hardware y Open Software.

- Medir biomarcadores<sup>41</sup> que permitan identificar una situación o condición en el adulto mayor.
- Procesar la información de manera óptima con el menor costo posible y la mayor precisión viable.
- Transmitir la información a las personas responsables del cuidado del adulto mayor (médico, familiar, cuidador) para llevar control o ejecutar acciones en caso de ser necesario.

De la misma manera es importante identificar el software necesario que, mediante el hardware necesario, pueda adquirir, manejar, procesar y presentar la información necesaria para comunicarlo a los familiares, médico o cuidador; ya sea por mensaje tipo SMS<sup>42</sup> o correo electrónico.

El caso que aquí se describe se centra en encontrar los elementos tecnológicos (*hardware* y *software*) que muestren la viabilidad desarrollar un Sistema o artefacto que se lleve a cabo el monitoreo a los adultos mayores con depresión mayor.

### **Diseño del caso**

La realización de este estudio es de corte exploratorio y servirá para responder a las siguientes preguntas:

¿Con qué software de código abierto se puede llevar a cabo el MAMD?

¿Qué tipo de Hardware abierto permite llevar a cabo el MAMD?

---

<sup>41</sup> Biomarcador: “también llamado marcador biológico se puede medir de forma fiable y puede proporcionar información sobre el estado de salud o la enfermedad de una persona (se puede usar para detectar una enfermedad, un cambio fisiológico, una respuesta al tratamiento o un trastorno psíquico” (eupati, 2017).

<sup>42</sup> SMS Servicio de Mensajes Cortos (*Short Message Service*) por medio de telefonía celular.

¿Qué tipo de sensores permiten obtener datos confiables, precisos y de bajo costo para el MAMD?

¿Es viable construir un Artefacto para el MAMD sólo con Arduino?

Para responder a estas preguntas se valorarán los componentes que servirían para desarrollar el sistema, buscando siempre cumplir con el concepto de abierto, ya sea software o hardware.

La unidad de análisis se centra en estudiar aspectos como la capacidad de procesamiento, la precisión, el costo y la facilidad de inclusión en el desarrollo del sistema.

Es importante mencionar que el uso de hardware abierto (*Open Hardware*) y software abierto (*Open Source*) tiene por fin evitar el costo del pago de licencias, derechos y que permitan la reproducción en cualquier ámbito de la sociedad, si acaso, imponer licencias del tipo *Creative Commons* para proteger autoría y ceder derechos. De la misma forma el uso de hardware abierto elimina la posibilidad de problemas presentados por la incompatibilidad de estándares de comunicación, conexión y programación.

### **Conducción del caso**

La primera revisión que se llevó a cabo se refiere al Software que permitiese hacer reconocimiento gestual. Para esto había que definir las plataformas de uso, es decir el sistema operativo bajo el cual funcionaría el software y que pudiese cumplir con la función principal: detectar gestos o patrones de movimiento. En la tabla 3.1 se presentan los principales programas revisados.

## Software para reconocimiento de patrones o gestos

Nombre	Objetivo	Tipo	Sistema Operativo	Notas
Blobscanner32	Identificar formas y patrones	GNU <sup>43</sup>	Plugin, requiere navegador	Está en desarrollo y requiere una computadora con acceso a Internet
Ishikawa dollar gesture recognizer	Reconocimiento de Gestos en interfaces de usuario	licencia cuesta \$1 USD, no puede ser modificado	Trabaja bajo JAVA y C#, además de usar librerías XML	Se puede usar para programar gestos en superficies <i>touch</i> o por cámara Web
Motion Detector 1.5	Detección de movimientos	GNU	Desarrollado bajo la plataforma Aforge	Está limitado y no se puede desarrollar
AForge	Inteligencia artificial, procesamiento de imágenes	Parcialmente GNU, para algunas características hay que pagar licencia	Hecho en código C#, preferentemente bajo Windows	Tiene la característica de usarse para detectar patrones, gestos y movimientos
FaceRecPro	Grabado de pantallas y reconocimiento de cara	Aplicación con costo de licencia	Pequeña aplicación instalable	No es Open Source
HandVu	Reconocimiento de gestos con las manos	Es una aplicación tipo Open Source	Windows y OSX	Requiere la librería Open CV
Zone Trigger2	Reconocimiento de gestos para control de interfaces	Este programa es Open Source bajo el pago de una licencia	Windows	La detección de gestos sólo sirve para manipular interfaces

---

<sup>43</sup> GNU: General Public License

Open CV	Varias aplicaciones, reconocimiento de patrones, imágenes, gestos y procesamiento de imágenes	Licencia BSD <sup>44</sup>	Windows, Linux, Android, iOS	Muy versátil por su capacidad de aplicarse en diferentes plataformas y sin costo
---------	---	----------------------------	------------------------------	--

**Tabla 3.1 Tabla de software de reconocimiento de patrones o gestos, elaborada en el año 2016 (tabla del autor)**

Todas las aplicaciones usan una cámara Web estándar, no importa la resolución, ni la marca, ya que se requiere que en todas las aplicaciones se usen con los mínimos requerimientos, es decir, la menor demanda de recursos de la computadora o procesador. Esto nos da pie para establecer un rango de precios y capacidades que se pueden utilizar con la cámara antes mencionada.

La revisión se llevó a cabo durante el año 2016 y es importante mencionar que hay muchas otras aplicaciones y constantemente aparecen más; sin embargo, se revisaron los más asequibles en cuanto a facilidad de instalación, aplicación y hasta requerimientos de equipo, como lo son las que requieren sensores como el Kinect® de Microsoft™.

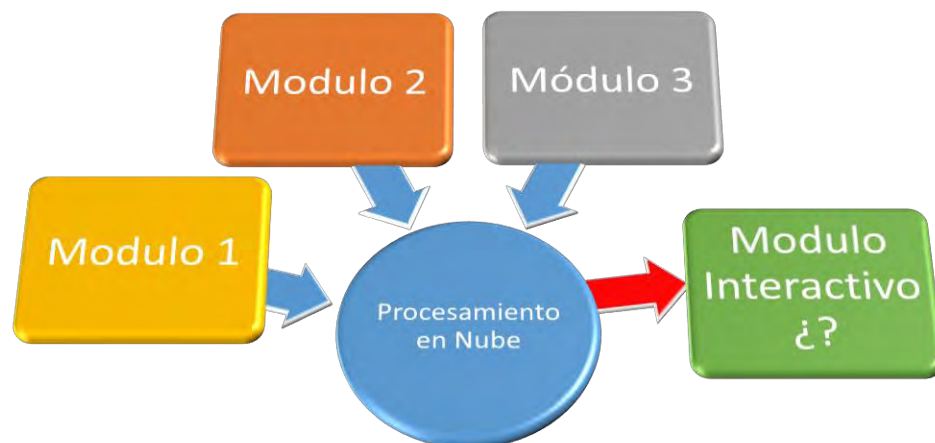
En cuanto al Hardware se llevó a cabo una búsqueda empírica, basada en la prueba de diferentes objetos, microcontroladores y periféricos. La selección siempre se hizo

---

<sup>44</sup> La licencia BSD es la licencia de software otorgada principalmente para los sistemas BSD (*Berkeley Software Distribution*). Es una licencia de software libre permisiva como la licencia de *OpenSSL* o la *MIT License*. Esta licencia tiene menos restricciones en comparación con otras como la GPL estando muy cercana al dominio público. La licencia BSD, al contrario que la GPL, permite el uso del código fuente en software no libre (Wikipedia, recuperado 3 feb, 2016).

pensando en la condición de Open Hardware, de bajo costo y con la mejor exactitud, capacidad o eficiencia.

La detección de la depresión se propone se realice por tres módulos conforme a la propuesta conceptual (Ver Figura 3.2). Se plantearon tres módulos, en donde el primer módulo es un dispositivo que recolecte la información de los marcadores fisiológicos y la envíe a un segundo módulo para procesar la información. Este segundo módulo, además de procesar esta información, captura la información necesaria para determinar la conducta del paciente. El tercer módulo planteaba recolectar información importante del entorno del paciente. Datos como iluminación, temperatura, humedad, etc. y todos los datos recolectados y procesados se presentan en un sitio Web para que el médico y/o familiar pueda ver la información. Inicialmente se buscó que la información fuese almacenada y procesada en la nube.



**Figura 3.2 Módulos que conforman el prototipo para la detección de la depresión (figura del autor).**

En resumen, la propuesta inicial buscaba que los tres módulos capturaran información para ser procesada en la nube y había la posibilidad (para una segunda etapa), de crear un cuarto módulo interactivo con actuadores que permitiesen cambiar el entorno del

paciente. Los cambios del entorno se harían procurando romper el estado de depresión por medio de iluminoterapia, audioterapia, inhaloterapia o similares (Ver Figura 3.3).

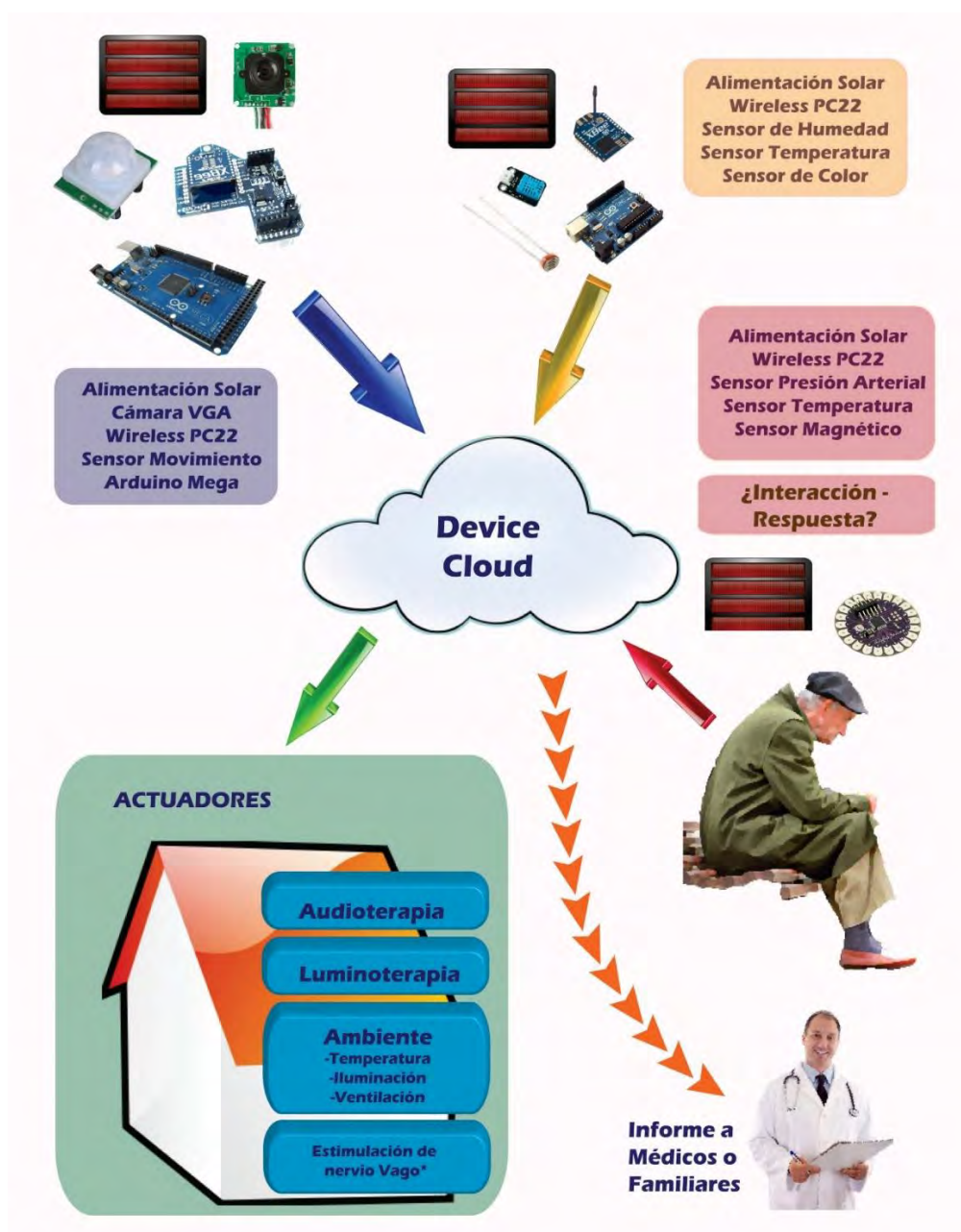


Figura 3.3 Propuesta inicial del monitoreo de adultos mayores depresivos, utilizando hardware y software libre, procesando la información en la nube y generando acciones para revertir o detener el proceso de depresión (figura del autor).

Para el módulo 1 se buscó definir el microcontrolador necesario y capaz de recabar la información necesaria de la temperatura y ritmo cardiaco del paciente, a su vez la capacidad de enviarlo por algún medio al segundo módulo. Los procesadores probables fueron los siguientes: (Ver Tabla 3.2)

Hardware	Capacidad	Requerimientos	Características	Costo	Observaciones
Arduino Uno	16 Mhz Procesador ATmega328P, 32Kb	Batería o conector 6-12V	68.6mm x 53.4mm, 14 pins	\$25 a \$35 USD	Muy práctica para pruebas pero no para prototipo
Arduino Mega 2560	16 Mhz Procesador ATmega2560, 256Kb	Batería o conector 7-12V, hasta 20V	101.52mm x 53.3mm, 54 pins	\$45 a \$55 USD	Más capacidad de procesamiento y salida, muy grande
Arduino Pro mini	8 y 16 Mhz, Procesador ATmega328, 32 Kb	Alimentación de 3.3V ó 6V, Programador FTDI	17.78mm x 3.30mm, 14 pins	\$10 a \$15 USD	Opción económica y versátil para el prototipo
Arduino Micro	16 Mhz Procesador ATmega32U4 , 32Kb	Batería o conector 7-12V	48mm x 18mm, 12 pins	\$19 a \$35 USD	Es buena opción por contar con puerto USB para programar, pero mas voluminoso
Arduino Nano	16 Mhz, Procesador ATmega168 y ATmega 328, 16Kb ó 32 Kb	Alimentación de 5V, Puerto USB	45mm x 18mm, 14 pins, pin macho	\$10 a \$15 USD	Opción económica, los pines macho dificultan el uso en prototipo
Lilypad	Procesador ATmega32U4 , 32Kb	Batería o conector 3.3V	50mm diámetro aproximado.	\$15 a \$25 USD	La forma no es óptima para el prototipo, sin embargo, es buena para ropa

**Tabla 3.2 Tabla de microcontroladores posibles para el prototipo, elaborada en el año 2014 (tabla elaborada por el autor).**

Es importante hacer referencia a que los procesadores analizados fueron los existentes en el momento de hacer la revisión. Tomando en cuenta el avance de la tecnología “Open”, en tan sólo un par de meses aparecieron numerosos dispositivos como es el *Trinket de Adafruit* que apenas salió al mercado en octubre del 2015 o el *Redstick*, el



ESP8266 *Thing de Sparkfun Electronics*®, en donde funcionan como un Arduino Uno® y el último con conectividad WiFi y que podrían reemplazar a los seleccionados debido a su bajo costo, mejor capacidad de procesamiento y facilidad de adquisición.

## **Análisis de resultados**

La comparación antes realizada nos permite visualizar las capacidades del hardware como del software, identificando los factores que permitan la elaboración del artefacto para el MAMD. Inicialmente se analiza información respecto al software, lo siguiente es referente al hardware, específicamente de procesamiento de la información y por último el uso de los sensores.

Con respecto al Software, se requirió de una aplicación que permitiese el reconocimiento de gestos o patrones de movimiento, que trabaje con la menor cantidad de recursos y que resulte económica y relativamente fácil de utilizar.

### **a. Software**

En la cuestión de costo o pago de licencia, como se puede observar en la tabla 3.1 sólo Blobscanner32, *Motion Detector* 1.5, *Hand Vu* y Open CV son aplicaciones GNU o BSD que permiten hacer uso sin pago de licencia alguna y de código abierto. *Motion Detector* 1.5 trabaja bajo la plataforma AForge, misma que es GNU parcial y que requiere pago de licencia para usar el total de sus características.

Se descarta el uso de Ishikawa *dollar gesture recognizer*, que aún al ser económico sólo funciona para detectar movimientos y requiere el pago de licencia. De la misma manera se descartan FaceRecPro, pues sólo reconoce gestos faciales, el HandVu y Zone Triffer2, ya que sólo identifican acciones específicas con las manos y requieren pago de licencia.

Revisando a mayor profundidad se encontró que sistema Open CV, además de ser una plataforma de código abierta es muy reconocida y contiene una gran cantidad de recursos, puede detectar gestos faciales, manuales, cuerpos, partes de cuerpo y lo más importante, patrones de movimiento. Otra ventaja es que trabaja bajo diferentes sistemas

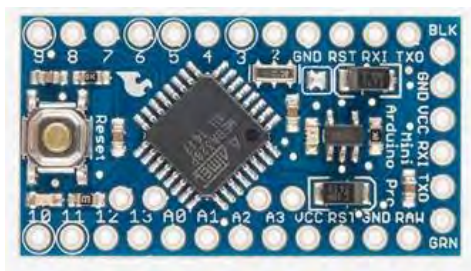
operativos como Windows®, iOS®, Linux™ y en su más reciente versión (3.2) permite trabajar en Android. Todo esto nos da razones para determinar Open CV como plataforma para identificar gestos o patrones de movimiento.

### ***b. Hardware***

Para el hardware se consideró principalmente a la plataforma Arduino, tanto para la adquisición como para el procesamiento de datos.

Para la adquisición de datos se encontró que cualquier microcontrolador es suficiente para la adquisición de la información de los biomarcadores como el ritmo cardiaco y la temperatura, además de la posibilidad de soportar la interconexión por radio frecuencia. El factor principal de análisis entonces se orientó al tamaño (lo más reducido posible) y el consumo de energía.

La placa<sup>45</sup> más pequeña y con la capacidad de procesamiento en el Arduino Pro Mini, además de tener la forma adecuada para integrarlo en un dispositivo (Ver Imagen 3.1). Otra de sus ventajas es el bajo costo, ya que se puede adquirir por el equivalente a \$10 USD con tendencia a la baja y un consumo muy bajo de energía ya que hay en versiones de 3v y 5v. El microcontrolador es suficiente para la adquisición de los datos necesarios y tiene capacidad de interconexión al contar con puertos de transmisión y recepción de datos (Tx/Rx).



**Imagen 3.1 Arduino pro mini con dimensiones de  
18.78x33.02 milímetros**

(<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardProMini>)

---

<sup>45</sup> Se refiere a placa al conjunto integrado de microcontrolador con elementos necesarios para su funcionamiento y conexión.

El análisis para el procesamiento de datos requirió más cuidado, ya que el procesador necesita sea capaz de recibir datos, procesarlos y enviarlos a la Red. Los microcontroladores de Arduino, existentes al momento de llevar a cabo el análisis pueden hacer esto con la ayuda de elementos externos; sin embargo, el procesamiento de imágenes para aplicar el Open CV y tener el reconocimiento de patrones de conducta o movimientos resultó prácticamente imposible. Las pruebas realizadas se hicieron en conjunto con una computadora, en donde la computadora es la que llevó a cabo la tarea más compleja y, para los objetivos del MAMD no es viable el uso de una computadora común o portátil.

Es evidente que se requiere no sólo un microcontrolador, se requiere preferentemente un procesador con la potencia necesaria para llevar a cabo las tareas necesarias, especialmente el procesar imágenes y hacer la detección de movimientos e identificar patrones de movimiento o conductas.

En este momento existen varias alternativas como la Raspberry Pi B o Raspberry Pi 3, Intel® Galileo o Edison, Onion Omega2 entre otras. Todas tienen la capacidad de procesamiento, recepción y envío de información y los costos son similares. La mayoría trabajan con sistema operativo Linux y en algún caso con Windows.

En el instante en que se realizó el análisis (2014), la única opción era el Raspberry Pi 2B con un costo cercano a los \$40 USD, ya que las otras opciones son más recientes y en su momento no estaban disponibles.

### ***c. Sensores***

La elección de sensores se basó en la disponibilidad, costo y compatibilidad con el sistema. Para la adquisición de datos se requirió un sensor de temperatura y un sensor de ritmo cardíaco.

Para este módulo se consideraron dos tipos de sensores de temperatura: el LM35<sup>46</sup> y el DS18B20. El primero es un sensor económico (costo aproximado \$1.5 USD) y relativamente fácil de instalar. La información que genera es un voltaje que con el algoritmo adecuado presenta la información en °C y puede usarse bajo voltajes de 4V a 20V. Tiene una precisión de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . Al momento de probarlo se encontró que una baja de voltaje afecta la medición real de la temperatura, por lo que la precisión depende de la alimentación continua de voltaje. Es importante mencionar que en el momento de realizar este estudio el sensor LM35 ha sido discontinuado y sustituido por el LM36.

El sensor DS18B20 es un sensor digital que para su instalación requiere una resistencia de 4.7kW. Al ser digital, no se ve afectado por posibles cambios de voltaje. Es un sensor muy preciso al usar la librería “one wire” y que incluso permite la conexión de múltiples sensores iguales para mejorar la exactitud de la lectura. También tiene un rango de fidelidad de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, permite hacer una mayor cantidad de lecturas en menor tiempo. Es más costoso que el LM35 (\$4.25 USD costo aproximado).

Se eligió el sensor DS18B20. Aun cuando es más caro, su característica digital permite usar menor cantidad de voltaje y se tiene mayor confiabilidad en la cantidad y exactitud de las lecturas.

Para el envío de información al módulo 2 se revisaron los medios de transmisión vía radiofrecuencia. Se revisaron específicamente los módulos Xbee® de la marca Digi™, que son módulos de comunicación por radiofrecuencia que permiten la intercomunicación entre dispositivos. Este dispositivo cumple con los requerimientos para satisfacer las necesidades de: cantidad de datos transmitidos, velocidad de transmisión, facilidad de instalación y mínimo consumo de energía. El módulo seleccionado es el Xbee® serie 1, que permite la comunicación sólo entre dos nodos, siendo uno el emisor y el otro el receptor o coordinador.

---

<sup>46</sup> Para ver más especificaciones técnicas consultar: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

Para monitorear el ritmo cardiaco programables con plataformas compatibles, no existen muchas opciones, las diferentes opciones que se presentan son basadas en el desarrollo del Pulse-Sensor.<sup>47</sup> Un sensor (mal llamado de pulso) que mide el ritmo cardiaco y permite adquirir los datos por medio de un simple microcontrolador como el Arduino. Su costo es relativamente bajo, alrededor de \$25USD (Ver Imagen 3.2) y cuenta con códigos de programación disponibles para su uso en diferentes aplicaciones. Este sensor cuenta con estudios técnicos que permiten confiar en su precisión y utilizarlo.

Recientemente apareció un sensor basado en LED IR de bajo costo; sin embargo, no cuenta con pruebas técnicas, médicas o científicas que lo respalden.



**Imagen 3.2 La primera imagen presenta el sensor de ritmo cardiaco de Pulse Sensor y la segunda un sensor genérico de LED IR**

## **Reporte del caso**

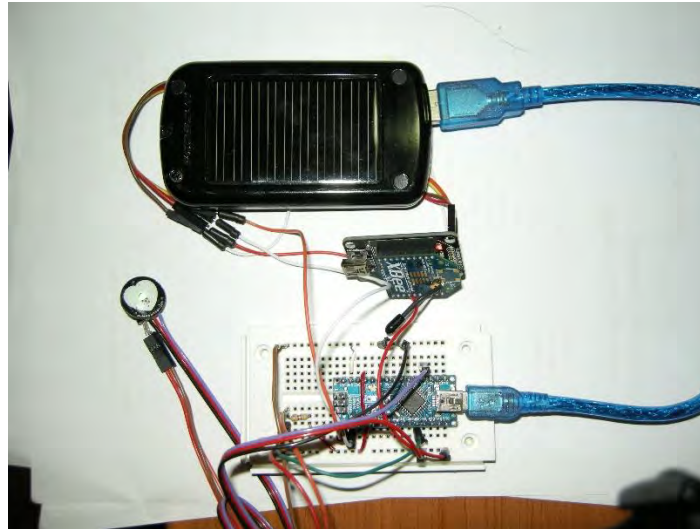
### ***El caso o el problema***

Durante la revisión de hardware y software se llevó a cabo la construcción de un prototipo inicial que permitiese un análisis más intenso sobre las capacidades, debilidades y fortalezas del mismo para su aplicación en el MAMD. El módulo de adquisición de datos de los biomarcadores se construyó de manera que funcione independientemente y permita la aplicación en personas sin que esté conectado o permita libertad total de

---

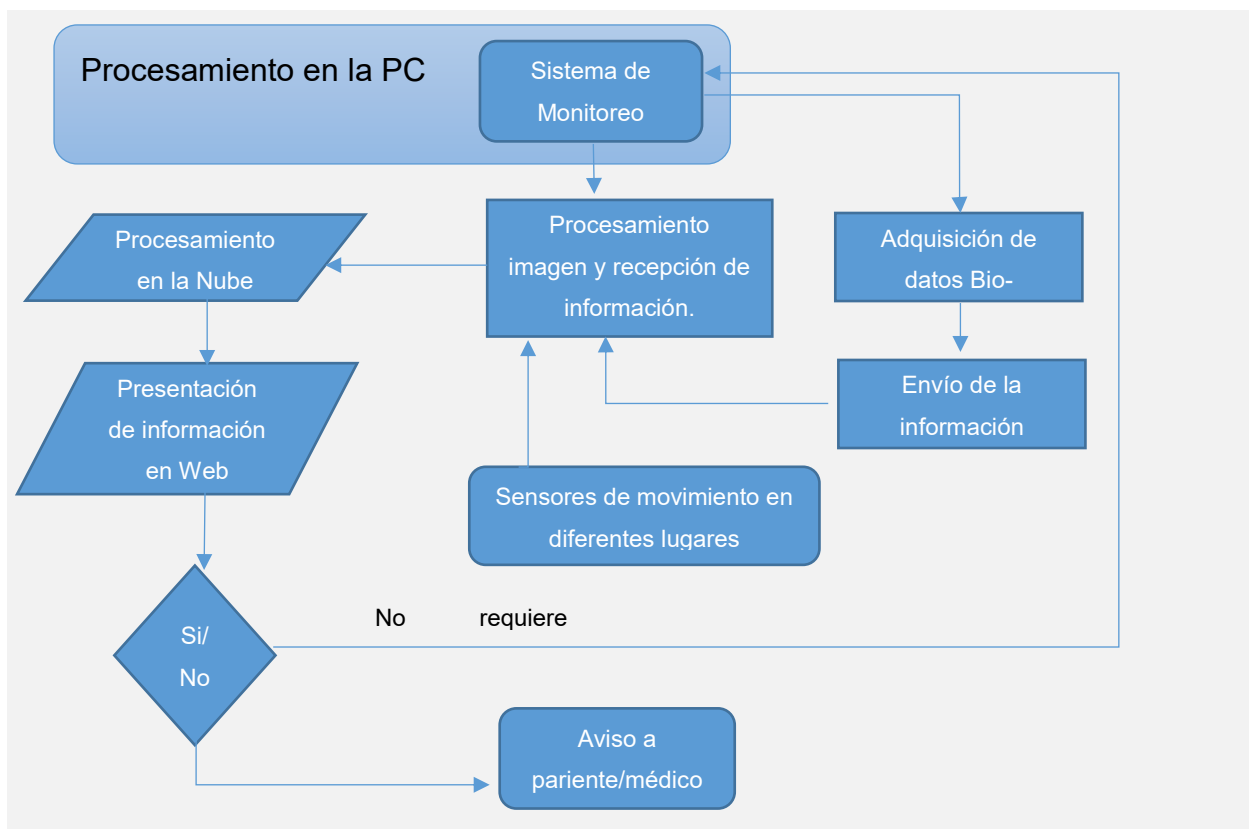
<sup>47</sup> [www.pulsesensor.com](http://www.pulsesensor.com)

movimiento. El otro podrá estar situado en algún lugar, de preferencia en el lugar donde más tiempo esté el paciente, pues es ahí donde se llevará a cabo la identificación de patrones de movimiento. Para los lugares en los que va esporádicamente (el baño, cocina, etc.) se pretende la instalación de sensores de movimiento para permitir total identificación y privacidad del usuario.



**Imagen 3.2.1 Construcción del primer prototipo que sirvió para evaluar el desempeño del hardware y los requerimientos del software (imagen del autor).**

Como se puede ver en la Figura 3.3, el sistema de monitoreo se lleva a cabo desde una computadora PC, en donde se hace la captura de información de las imágenes y el procesamiento central. La información remota es capturada por un módulo que recaba la información de temperatura y ritmo cardiaco del paciente y a su vez enviada al sistema de procesamiento central. Una vez procesada se integra y se simplifica en la nube para que sea presentada al médico y/o familiar del paciente.



**Figura 3.4 Procesamiento de la información y generación de módulos para la adquisición de datos (esquema del autor).**

### ***Consideraciones para elaborar el caso***

Como ya se vio en el marco teórico, México y otros países se están haciendo viejos, por lo que se presenta la necesidad de crear elementos para hacer que los adultos mayores (que cada vez seremos los más) cuenten con elementos para mejorar la calidad de vida en diferentes aspectos. Y esto a su vez traerá beneficios económicos al Estado y a las familias con adultos mayores.

Por otra parte, se presenta, como nunca, un auge tecnológico que permite la creación de artefactos que permitan ayudar al beneficio común. Bajo el modelo del IoT se presentan oportunidades para prevenir gastos innecesarios, mejorar la calidad de vida de los usuarios al obtener una Conciencia del Contexto del ambiente, de los espacios y de las

personas, y hasta ejecutando acciones preventivas o correctivas. El Hardware y Software abierto nos da esa posibilidad.

## **Resultados**

Los resultados obtenidos nos permitieron avanzar a la segunda etapa del proyecto, los aciertos y errores nos dieron la pauta de las nuevas necesidades para el segundo prototipo. La propuesta del módulo fue favorable ya que se obtuvieron los requerimientos necesarios para la construcción del módulo final que permita obtener datos de temperatura y ritmo cardiaco en un adulto mayor y a su vez enviar la información al módulo de procesamiento central.

La cantidad<sup>48</sup> de datos que arrojan los sensores para los biomarcadores nos permiten declinar el uso de la nube como medio de procesamiento de la información. La primera razón fue la elevada cantidad de datos que, al ser enviados a la nube, se requería el pago<sup>49</sup> adicional por manejo de información. Por todo ello se decidió hacer este proceso en un servidor Web (el mismo del sitio que muestra la información al médico o familiar y no requiere costo extra).

Por último, se identificó la necesidad de eliminar una computadora (cuando menos una común como una PC) para que el usuario (paciente o cuidador) no requiera de conocimientos en informática, o en su caso, que sea lo más transparente para el usuario,

---

<sup>48</sup> Un sensor de temperatura a una velocidad de 9600 bps puede arrojar hasta cuatro lecturas por segundo, si consideramos una lectura con cinco dígitos (00.00) se requieren 160 bytes por segundo, dando un total de 9600 bytes en un minuto, esto es sólo para la temperatura. En el caso de video tendríamos imágenes de hasta 24 cuadros por segundo, suponiendo una foto de baja calidad de 307,200 bits, en un segundo tendríamos 900 kilobytes por segundo.

<sup>49</sup> Se había planteado al principio el uso de “Device Cloud” un sistema de almacenamiento y procesamiento de información en la nube gratuito. Sin embargo, al pasar de cierta cantidad de transferencia de información se requería el pago de una cuota de servicio.



en otras palabras, que no tenga que entender como iniciar el equipo en caso de fallas eléctricas o del mismo equipo. De la misma manera, un Arduino simple no es capaz capturar y procesar las imágenes captadas por una cámara Web, y este, a su vez, recibir la información del módulo del paciente y enviarlas al Host del sitio Web.

### ***Retos y cómo se enfrentaron***

Existen muchos retos para este estudio, ya que se están abarcando campos interdisciplinarios como la psicología al hablar de Depresión, Geriatria al tratar con adultos mayores y la tecnología que avanza a una velocidad impresionante.

En el campo de la tecnología, nos encontramos la situación de la velocidad del avance de la misma, ya que al iniciar el estudio (2013) se presentaban varias propuestas, tanto de software como de hardware. Y al término del mismo (2016) se estaban introduciendo propuestas una o dos generaciones más avanzadas con mejor capacidad de procesamiento, costo y hasta viabilidad de la adquisición.

Por lo mismo se definió el mejor equipo posible (económico, con la capacidad y compatibilidad) en el momento del estudio y sólo se hicieron observaciones con respecto a las nuevas propuestas.

La integración de las tecnologías (hardware y software) requiere también de especialistas o ampliar conocimientos en la materia. Las aplicaciones se pueden utilizar casi por cualquier usuario, sin embargo, para un uso más avanzado se requiere de conocimientos avanzados de programación y entender los conceptos de manejo de datos, identificación de patrones y la integración adecuada con el hardware. Para esto se requirió de un especialista en programación avanzada.

El otro reto tiene que ver con la interdisciplinariedad, ya que al tratar con adultos mayores hay que entender diversos conceptos como es la depresión, causas y consecuencias, tratamientos, las personas relacionadas para el cuidado, tratamiento del paciente (adulto

mayor), el comportamiento de los adultos mayores, puntos de vista de los involucrados (Psicólogos, geriatras, psiquiatras, familiares, etc.)

### ***Implicaciones relevantes para el campo de estudio***

Es evidente que el Diseñador puede proponer artefactos, pero que, para su adecuado desarrollo y aplicación, se deben considerar a diferentes actores. El principal es el usuario; sin embargo, existen usuarios de segundo grado como en este caso serían los familiares/cuidadores, el médico, el administrador del sistema. Y hasta pudiesen existir usuarios en tercer grado, que pueden ser los proveedores de servicios como el hospedaje del sitio Web, el servicio de Internet o telefonía y hasta el servicio de energía eléctrica.

### ***Lecciones aprendidas con el caso***

Se aprendió que es posible desarrollar un Sistema para el MAMD, aun cuando la primera propuesta presentó varias deficiencias, el modelo es viable con cambios que nos lleven a mejorar la propuesta. Se deberá generar un segundo prototipo que integre estas mejoras y aplicarlo a usuarios reales, integrando la participación de expertos como psicólogos, geriatras y programadores.

Por otro lado, se tiene como lección principal que no todo es tecnología, que importa mucho la experiencia del usuario, en cualquiera de sus niveles. Se puede pensar que el sistema sólo es para mejorar la calidad de vida del paciente; sin embargo, esto podría beneficiar a los familiares o cuidadores en diferentes aspectos.

## **Estudio de caso 2: MAMD 2**

El siguiente caso se deriva de lo aprendido en el caso 1. El objetivo es la construcción de un segundo prototipo que cumpla con los aspectos técnicos, formales, funcionales y de usuario para llevar a cabo una propuesta y definir el esquema de interacción final y su aplicación con un usuario real con las condiciones lo más cercanas posibles a la realidad de aplicación del Sistema.

Como se llevó acabo el anterior caso, el presente reporte se organiza en cinco apartados: identificación de la situación, diseño del estudio de caso, conducción del estudio de caso, análisis de resultados y conclusiones.

### **Identificación de la situación**

Una vez identificados los requerimientos técnico-funcionales y formales, se llevó a cabo la construcción de un segundo prototipo para el MAMD. Para esto se tomaron en cuenta los resultados arrojados del Caso 1 y se aplicaron cambios de diseño, función y hasta la reducción o ampliación de requerimientos mismos.

De igual manera el hardware requiere:

- Medir biomarcadores que permitan identificar una situación o condición en el adulto mayor.
- Procesar la información de manera óptima con el menor costo posible y la mayor precisión viable.
- Transmitir la información a las personas responsables del cuidado del adulto mayor (médico, familiar, cuidador) para llevar control o ejecutar acciones en caso de ser necesario.

Para este prototipo es necesaria la creación de un sitio Web que permita al médico o tratante visualizar la información capturada, a su vez el acceso al Familiar y, de ser necesario, un área específica de administración que de mantenimiento al sitio.

El caso aquí descrito pretende mostrar el funcionamiento del prototipo 2 para el MAMD, destacando los aciertos, errores y áreas de oportunidad.

### **Diseño del caso**

La realización de este estudio es de corte descriptivo y servirá para responder a las siguientes preguntas:

¿Cómo funciona el artefacto para llevar a cabo el MAMD?

¿Cuáles son las partes que lo integran y cómo funcionan?

¿De qué manera pueden los médicos o familiares visualizar la información?

¿Cuáles son las implicaciones para el paciente, familiares y médico en el MAMD por medio del prototipo?

¿Requiere de ajustes, cambios o rediseños?

La respuesta a estas preguntas se obtiene de la construcción del prototipo 2 y la prueba del mismo con un paciente de prueba, para la cual, se establecieron características de edad, estado depresivo y patrón de conducta (preferentemente sedentario). De la misma manera se deberá identificar la experiencia de Usuario.

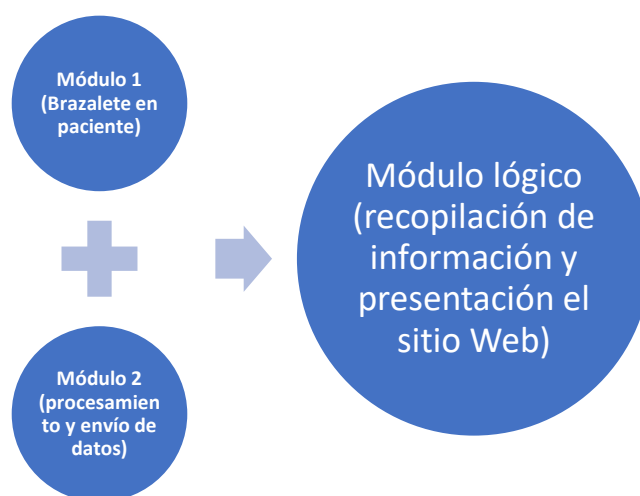
Se pondrá a prueba el funcionamiento del hardware con el uso del paciente, en donde se visualizará la parte funcional del hardware y software, mismos que se verán reflejados en la recepción de mensajes de alerta al identificar irregularidades con la temperatura, RC o el patrón de conducta del paciente.

Se identificará si la selección de software es la adecuada para el procesamiento y presentación de la información para el médico o paciente y en su caso llevar a cabo las adecuaciones necesarias para el correcto funcionamiento.

Por último, se verificará la integración del sistema para ver si su desempeño es adecuado para llevarlo a un siguiente nivel, la aplicación con pacientes.

## Conducción del caso

La construcción del prototipo anterior llevó a la creación de un segundo sistema compuesto por dos módulos físicos y uno lógico<sup>50</sup>. El primer módulo es el responsable de obtener la información de temperatura y RC del paciente y a su vez enviar los datos recabados al módulo 2. El segundo módulo es el encargado de monitorear la ADL del paciente por medio de un sistema de reconocimiento de movimientos y patrones, además de recibir la información del módulo 1 y, a su vez, recolectar toda la información y enviarla al módulo lógico del sistema por medio de la red GSM. El módulo lógico se procesa en un servidor dedicado, recibiendo los datos por Internet y procesándolo para presentar la información en un sitio Web para el médico tratante y/o el familiar que cuida al paciente (Ver Figura 3.4).



**Figura 3.5 Integración del prototipo 2 (MAMD 2) para el Monitoreo de Adultos Mayores con Depresión (figura del autor).**

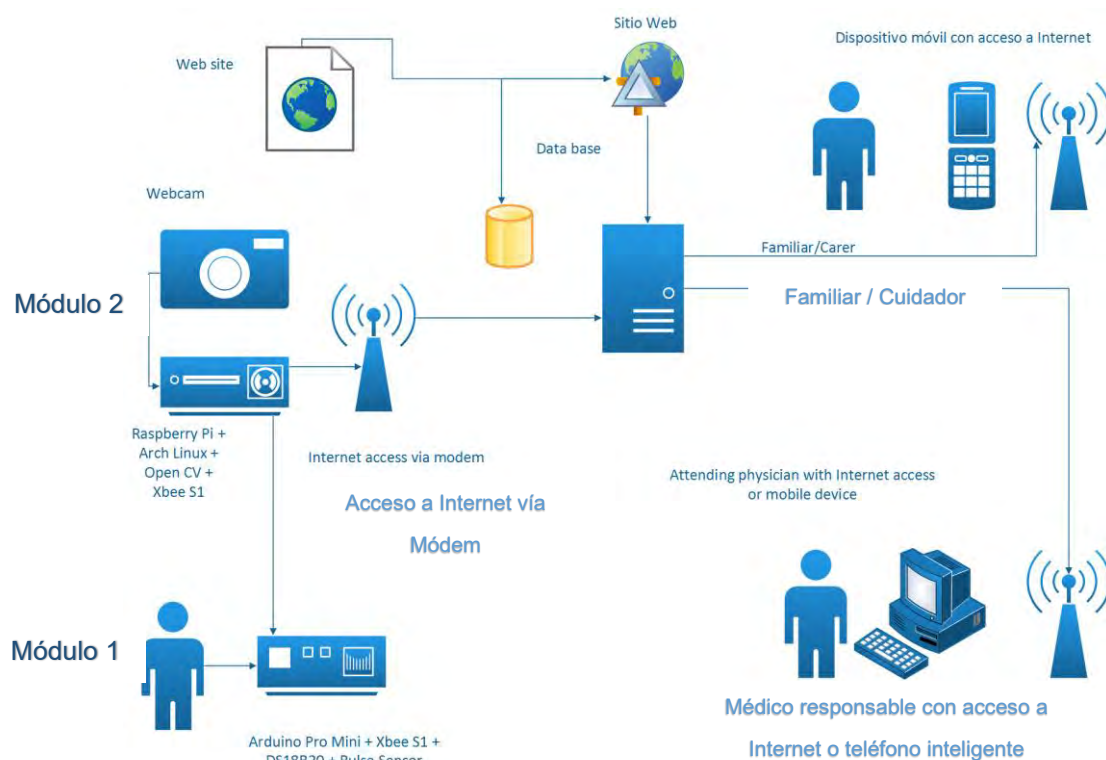
El sistema completo de MAMD presenta un esquema complejo de funcionamiento, ya que la adquisición de datos (La toma de Conciencia del Contexto) o biomarcadores del paciente requiere su procesamiento y adecuada presentación para su mejor

---

<sup>50</sup> La parte lógica del módulo es la intangible.

entendimiento. Es por eso que se requiere la colaboración con expertos que permitan seleccionar los datos que son relevantes e irrelevantes, además de su opinión para ver si el proceso de patrones de conducta o comportamiento sirve para hacer un adecuado MAMD. Para esto se trabajó con una psicóloga que ayudó a entender al Adulto Mayor, así como una Geriatra que ayudó a determinar los parámetros necesarios para el mejor entendimiento de la información y la correlación que debiera ser necesaria para desarrollar este proyecto.

Es por esto que en la Figura 3.5 se presenta un esquema más detallado del funcionamiento del sistema MAMD. En dónde el módulo 1 toma datos de biomarcadores del paciente, el módulo 2 recibe la información, registra los patrones de conducta mediante la Webcam y envía la información al Servidor para su procesamiento y presentación en sitio Web, además de enviar alertas vía SMS o correo electrónico.



**Figura 3.6 Esquema final del Sistema para el monitoreo de Adultos Mayores con Depresión (figura del autor).**

## **Módulo 1**

El módulo 1 prácticamente no sufrió variaciones en su propuesta inicial, se mantiene el *hardware* que sensa<sup>51</sup> corporal y el ritmo cardiaco. Esta información se envía al módulo 2. Para un adecuado uso, se diseñó una cubierta que permite el uso en el brazo del paciente durante el día o noche, requiriendo sea lo menos invasivo posible y totalmente transparente para ambos usuarios (paciente-familiar). La batería podría durar hasta dos días funcionando continuamente, sin embargo, se contempla que se cargue cada día con la ayuda del familiar o cuidador. El tiempo de carga no es mayor a dos horas. Se mantuvo el uso de un Arduino Pro mini como procesador de la información, conectando a un sensor de temperatura DS18B20 y un sensor de RC Pulse Sensor. La información se envía por medio de un módulo de Radio Xbee S1 al módulo 2 todo esto alimentado con una batería recargable de polímero Litio-Ion de 850 mA a 3.7 Volts (Ver Figuras 3.6, 3.7, 3.8 e Imagen 3.3).



**Imagen 3.2.2 Colocación del brazaletes, módulo 1. Se debe usar de manera preferente en el brazo izquierdo.**

---

<sup>51</sup> Se toma como referencia la temperatura media de la piel es de 36.11°C a 37.22°C. Sin embargo, hay que tener en cuenta las posibles variaciones que se puede tener en el cuerpo, por ejemplo, una medición rectal tiende a ser 0.6°C más que una medición por debajo de la lengua. De la misma manera una medición axilar mide 0.6°C menos. Por otra parte existen otras variaciones como lo es el día o la noche, el sexo, la edad, las condiciones climáticas o el haber comido (Muthayya, 2002). De la misma manera se debe considerar que la temperatura de la piel es menor que el interior del cuerpo y a su vez puede ser menor en 1°C y hasta 2°C en las extremidades del cuerpo y en los adultos mayores suele ser menor.

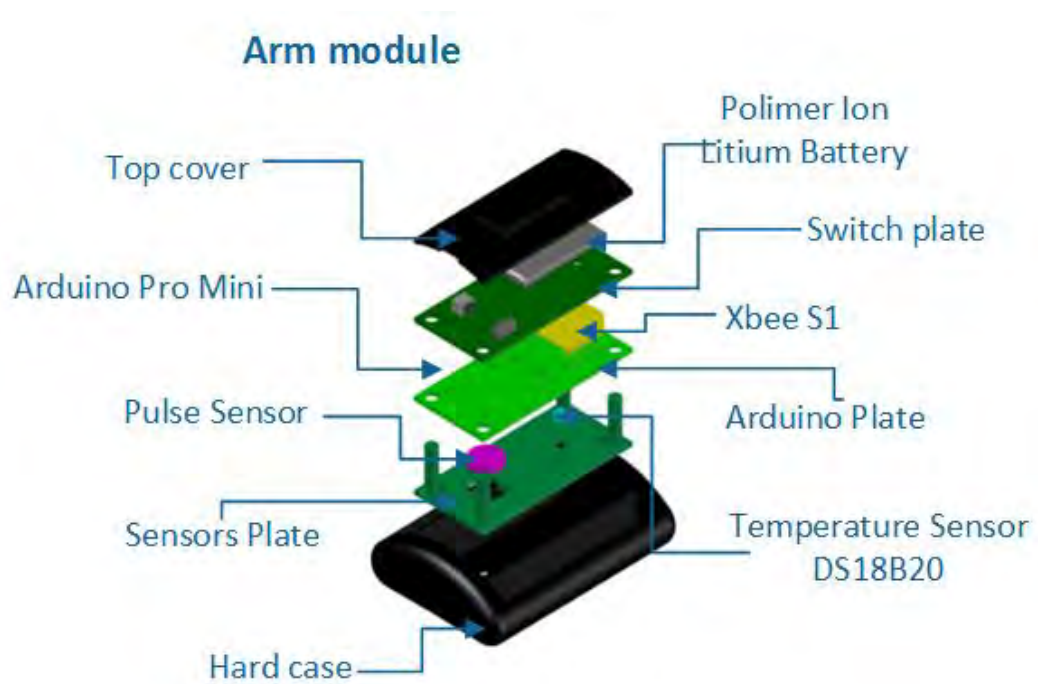


Figura 3.7 Integración del módulo 1, brazalete para el paciente. Dimensiones generales 95x60x33mm con un peso de 150 gramos (figura del autor).

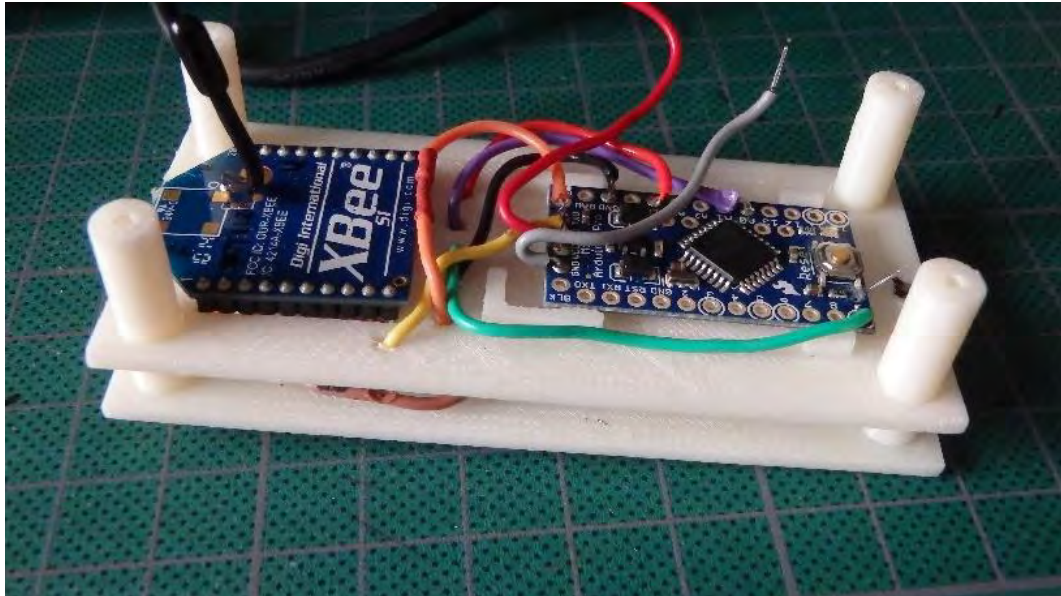


Imagen 3.3 Integración del módulo 1, brazalete para el paciente (imagen del autor).



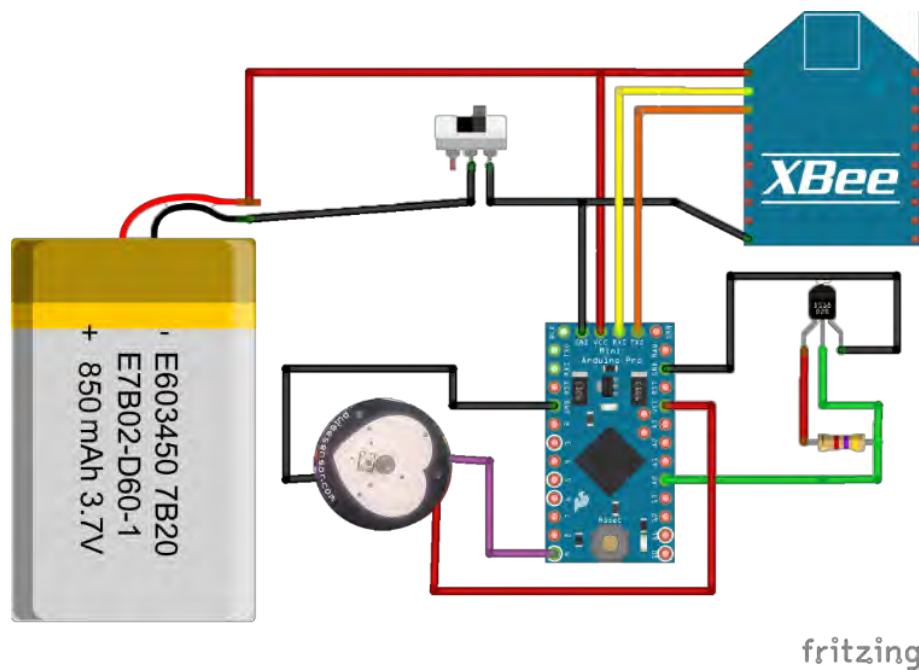


Figura 3.8 Diagrama gráfico de conexiones para el brazalete (figura del autor).

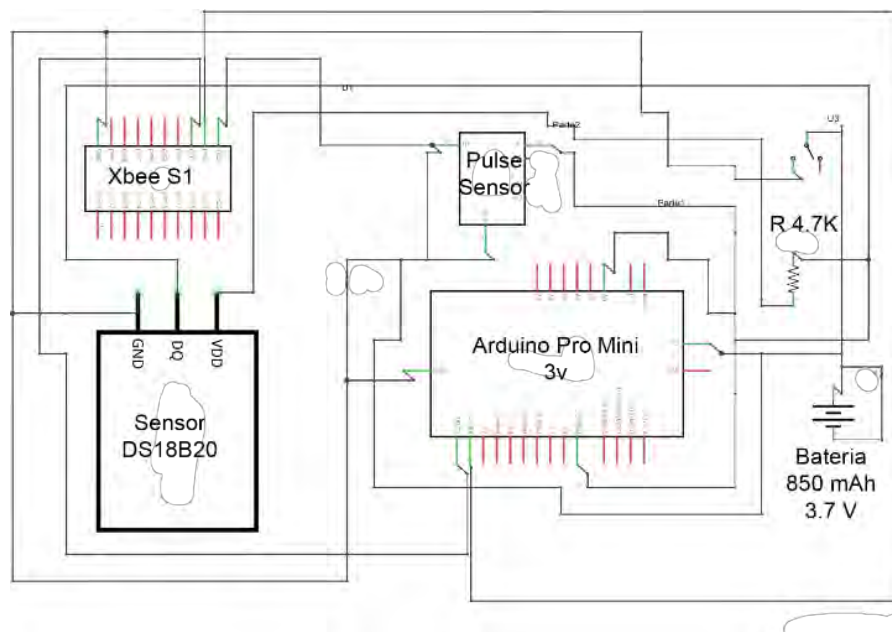


Figura 3.9 Esquema eléctrico de conexiones para el brazalete (figura del autor).

La integración de los elementos resulta en un brazalete con una carcasa que se coloca en el brazo, de preferencia el izquierdo. El brazalete está hecho de una tela

hipoalergénica (para no causar reacción alérgica alguna) de ajuste variable con velcro y relleno de poliuretano para la absorción de humedad y/o acolchonamiento (Ver Imagen 3.4).



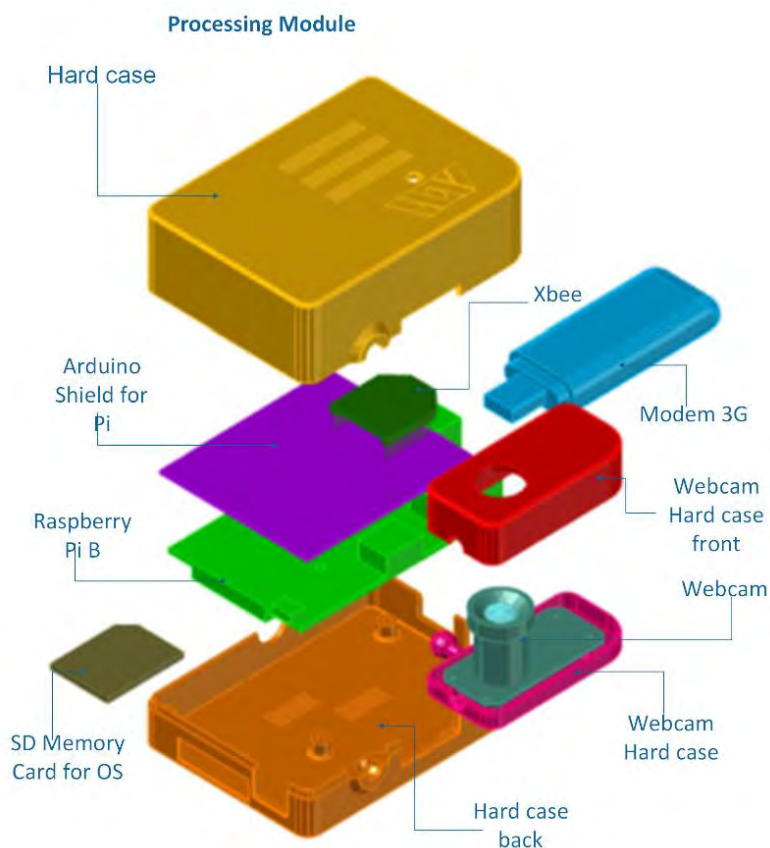
**Imagen 3.4 Vista real de la carcasa con el sistema para el brazalete (imagen del autor).**

## ***Módulo 2***

El módulo 2 tiene un grado mayor de complejidad, ya que al requerir mayor procesamiento de información se tuvo dejar de usar un simple microcontrolador, Arduino, y pasar a un procesador o “computadora” con mayor poder de procesamiento de información. Para este efecto se utilizó el Raspberry™ Pi 1 Modelo BB de 512 Mb de RAM, procesador ARM a 700 Mhz con 2 puertos USB, Salida de video RCA y HDMI y puerto SD para almacenamiento (a manera de disco duro). Se utiliza el sistema operativo ARM™ Linux en su versión ARMv6. Este sistema soporta el software de reconocimiento y aprendizaje de patrones de movimiento OpenCV en su versión 3.2 para Linux.

Físicamente está integrado por una Raspberry Pi 2 B+, un adaptador tipo Shield de Cooking Hacks Libelium© compatible con Arduino, mismo que conecta el

intercomunicador de radiofrecuencia Xbee® serie 1<sup>52</sup>. De manera externa se coloca una Webcam estándar (no tiene algún requerimiento especial) y un módem USB<sup>53</sup> con conexión a la red 3GSM<sup>54</sup> (Ver Figura 3.9). Este módulo procesa la información obtenida del módulo 1 y es enviada al módulo lógico vía WiFi cada hora, empaquetada para su proceso en el servidor y presentación en el sitio Web.



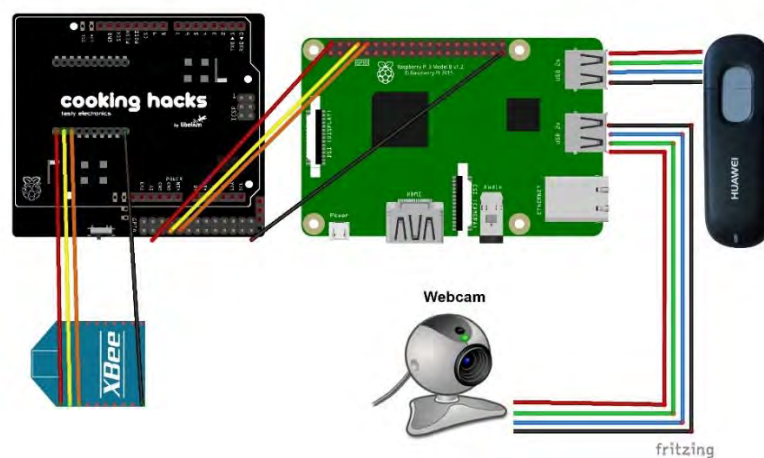
**Figura 3.10 Integración del módulo 2 en una carcasa impresa 3D en ABS y que permite la colocación en una pared o lugar específico para el MAMD (figura del autor).**

<sup>52</sup> El Xbee permite la comunicación punto a punto por radiofrecuencia y que usan el estándar 802.15.4. Este tiene un alcance de hasta 100 metros en exteriores y funciona con muy poca corriente a 3.3v.

<sup>53</sup> Para este efecto se utilizó el Modem marca Huawei® modelo E303s-65.

<sup>54</sup> La red 3gsm cuenta con frecuencias de 850,900, 1800 y 1900 Mhz. Aunque al momento de prueba existe la red 4gsm, el Módem disponible no permite el uso de esta última red.

La integración de este módulo es relativamente sencilla ya que no hay que hacer conexiones complejas, si acaso la adaptación de la Webcam para su adecuada integración al módulo (Ver Figuras 3.10 e Imagen 3.4).

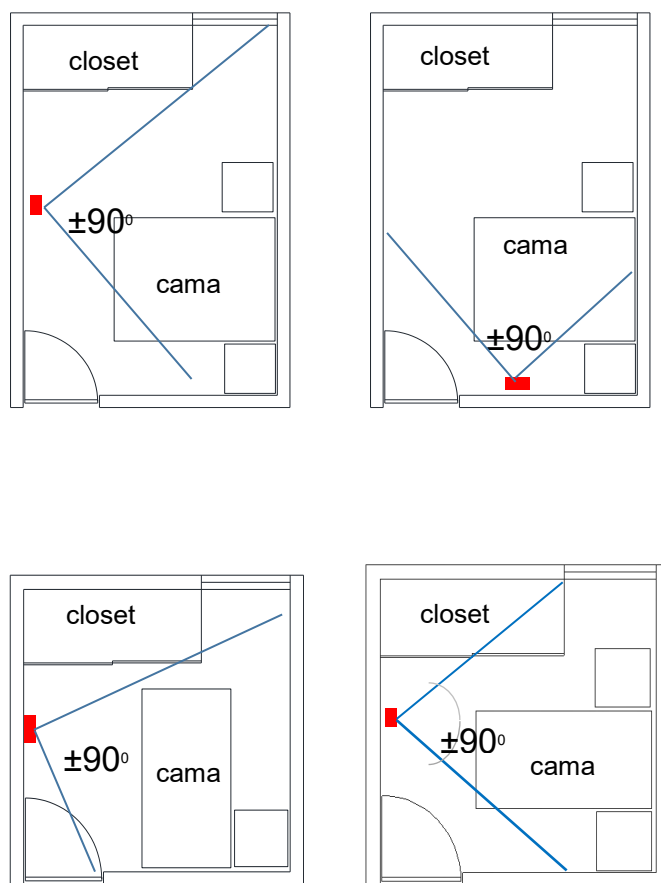


**Figura 3.11 Conexión de módulo 2:**  
**Raspberry a Shield y Xbee al interior, USB Módem y Webcam al exterior (figura del autor).**



**Imagen 3.5 Vista final de la integración del Módulo 2 colocado en pared (imagen del autor).**

Para su correcto funcionamiento, el aparato deberá ser colocado preferentemente en la zona o habitación en la que más tiempo permanezca el paciente, regularmente es la recámara o la sala de estar. Se coloca en una pared estratégica para que la cámara pueda captar el mayor rango de espacio (Ver Figura 3.11). Es importante destacar que hay cámaras tipo Webcam que tienen ángulo de visión de hasta 170° con lente “ojo de pez”; sin embargo, la mayoría de las webcams tienen un ángulo de 120° con lente común.



**Figura 3.12** En esta figura se muestran las posibles colocaciones del artefacto para el MAMD, buscando le mejor posición para la detección de los movimientos del paciente (figura del autor).

Este módulo se debe conectar a la fuente de alimentación de 120V corriente alterna y usar un convertidor a corriente directa y suministrar 5V con un mínimo de 1 Ampere.

## ***Módulo Lógico***

El módulo lógico comienza desde el arranque del sistema, pues el módulo 2 debe conectarse a Internet y enviar datos al servidor. Debido a que el Raspberry Pi no cuenta con reloj de tiempo real integrado(RTC) se utiliza un módem USB como medio de enlace de datos a la Web y de ahí se obtiene la información de tiempo y hora actual. En el servidor se encuentra el software empaquetado para su funcionamiento y arranque del sistema. Una vez establecido el enlace se “auto ejecuta” de manera remota, evitando tener que llevar a cabo acción alguna por parte del usuario para iniciar la operación del sistema.

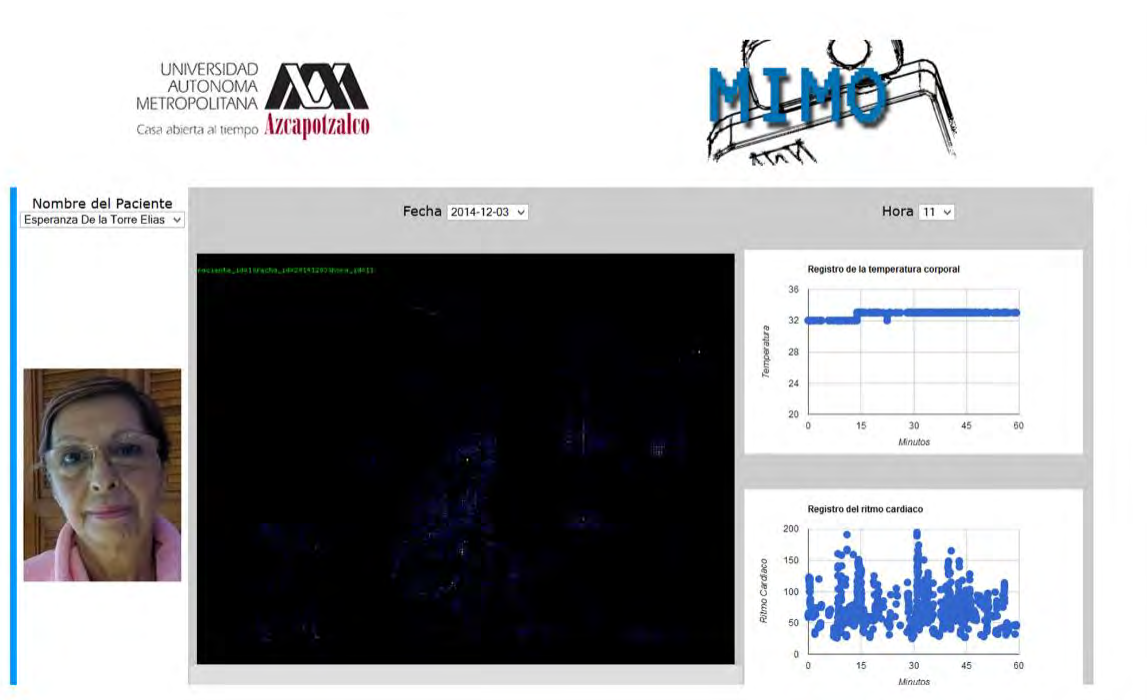
Se cuenta con un servidor (Host) con ambiente Linux y la interfaz Web (Sitio Web) que provee herramientas para la gestión de archivos y ejecución de “scripts” necesarios para las tareas de almacenamiento de datos. Se aplicó MySQL como gestor de la base de datos requerida para guardar los registros provenientes del módulo 1 y 2, tales como la temperatura, ritmo cardiaco y patrones de movimiento. La base de datos de tipo relacional permite, también, almacenar la información del familiar y del médico tratante. El manejo de la información se lleva a cabo por medio de la página específica del sitio Web (Ver Imagen 3.5).



**Imagen 3.6 Manejo de datos de pacientes, familiares y médicos por medio de la página Web (interfaz e imagen del autor).**



La página Web se montó en un servidor del tipo Apache<sup>55</sup> que permite, relativamente fácil, la transferencia de información con el módulo 2 por medio del protocolo HTTP y es sencillo de programar<sup>56</sup>. Para esto se utilizó PHP 5.5 para la administración y cruce de datos entre las diferentes bases. Para mostrar la información a manera de gráficas, visualización de imágenes se programaron con diferentes aplicaciones como el jQuery 1.6 (Interacción con el Usuario), jTable 2.4 para la presentación y modificación de las bases de datos, CKEditor 4.1 editor para las observaciones de pacientes y Google Charts para la presentación gráfica de los datos de temperatura y ritmo cardiaco (Ver Imagen 3.6).



**Imagen 3.7** Página Web para el uso de médico o tratante, en donde se muestra la información de los biomarcadores de temperatura, ritmo cardiaco y patrón de movimiento, además de la foto del paciente y los datos del periodo (día y hora) a visualizar (interfaz e imagen del autor).

<sup>55</sup> El Servidor HTTP Apache es un servidor Web de código abierto para plataformas Unix, Linux, Windows y hasta Macintosh.

<sup>56</sup> La programación es obra del Ing. Iván Gutiérrez bajo la dirección del autor.

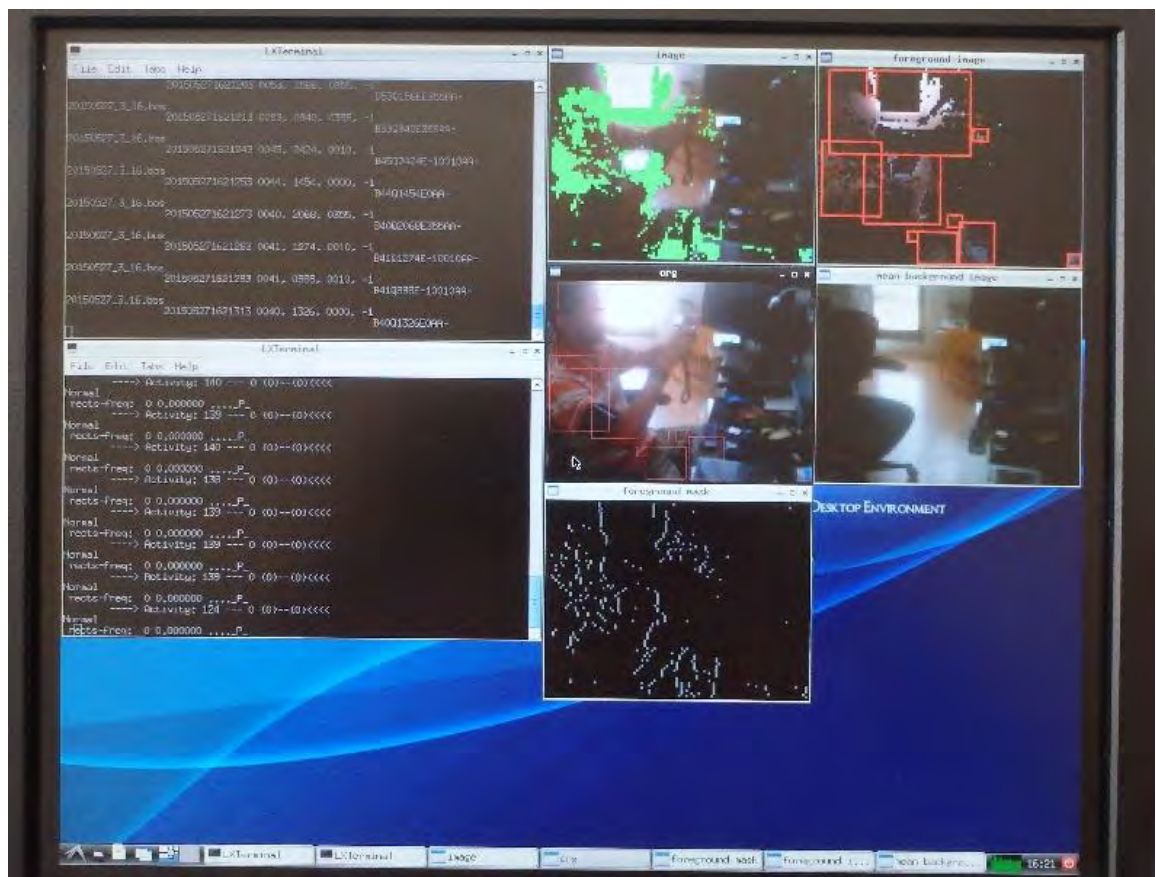
Para la comunicación con el servidor se aplicó, también, “CURL<sup>57</sup>” y la transmisión de datos al servidor se lleva a cabo diez minutos después de la hora. Este tiempo de espera se especificó para dar tiempo al sistema para llevar a cabo todos los procesos subsecuentes al arranque y enlace con el sistema de comunicación. Para el envío se usa “cron”, esta es una rutina que ejecuta periódicamente una tarea por hora, día de la semana, del mes o la periodicidad específica y que se utiliza para enviar los datos recabados al servidor. La información enviada son tres archivos: una imagen jpeg, uno tipo “bos” (contiene la información de los biomarcadores recabada por el módulo 1) y otro tipo “pos” (contiene la información de los patrones de movimiento).

Los patrones de movimiento, como ya se había mencionado, se llevan a cabo mediante el uso del software OpenCV. Éste cuenta con diferentes algoritmos para la detección de figuras humanas, movimientos, caras, partes del cuerpo, etc. En este caso se descartó la detección de caras o figuras humanas, ya que no se tiene mucha precisión al aparecer caras incompletas o siluetas como sombras y se requiere la menor interferencia posible del ambiente para la adecuada observación del paciente. Se optó por el uso del algoritmo de sustracción de fondo (*Background subtraction*) dado que la situación en la que se pretende llevar a cabo el MAMD no presenta, en teoría, mucha actividad ajena al objeto de estudio (el paciente). La sustracción de fondo promedia las imágenes obtenidas continuamente de la cámara y forma una imagen llamada “imagen de fondo”. Esta imagen se compara con la última obtenida y se registra esta diferencia como movimiento indicado por puntos de color y rectángulos de áreas en las que se presenta el movimiento. Las comparativas de movimiento se registran y de esta manera el sistema “aprende” las conductas de movimiento e identifica los cambios significativos para enviar alertas de cambios en los patrones de movimiento (Ver Imagen 3.7).

---

<sup>57</sup> “CURL” una biblioteca que implementa el protocolo HTTP y se puede usar desde línea de comandos y desde luego en “scripts” o en alguna de sus interfaces C/C++. Esta capacidad, permite a procesos actuar como si “operaran” una página web: haciendo consultas o subiendo archivos, leyendo los códigos de respuesta y tomando decisiones en caso de errores (Nota del Programador).





**Imagen 3.8 El módulo 2 procesa la información recabada, pero además muestra las diferentes formas de detección de los movimientos registrados y las diferencias (imagen del autor).**

Cabe mencionar que la información recabada es solamente una serie de puntos que se presentan en una imagen tipo mapa cartesiano. Para proteger la privacidad del usuario se presenta en el sitio Web una imagen la cual se procesó para reducir la resolución al grado de sólo identificar el ambiente en el cual se desempeña el usuario. De esta manera el médico o tratante no invadirá en ningún momento la privacidad del paciente.

### ***El paciente (adulto mayor)***

Para este caso se trabajó con la Psicóloga María del Pilar Morales Tlapanco, jefa del departamento de Psicología del Instituto Nacional de Rehabilitación. En primer lugar, se buscó definir el tipo de paciente para el cual se podía llevar a cabo el MAMD.

Primero se buscó identificar pacientes tomando en cuenta factores socio-económicos, psicológicos y hasta familiares. Principalmente se debería identificar pacientes que estuviesen dispuestos a ser objeto de estudio, utilizando un sistema tecnológico. De igual manera que los familiares permitiesen el uso de la tecnología para el monitoreo.

Se llevó a cabo un par de entrevistas con pacientes candidatos a ser monitoreados y en su mayoría estuvieron de acuerdo en ser objetos de estudio. Sin embargo, el siguiente nivel de autorización, con el familiar, no se llevó a cabo debido a ciertas dudas por parte de la psicóloga para poder cumplir con el objetivo del estudio: Monitoreo y detección de la depresión mayor en adultos mayores, ya que, a decir de la Psicóloga, es muy arriesgado utilizar este método sin tomar en cuenta otros factores como el estatus socio-económico, la salud o armonía familiar, la inseguridad percibida al entrar en su casa y grabar información. Para poder continuar con el estudio se sugirió la consulta con la especialista en Geriatría, la Dra. Blanca Jiménez Herrera, directora del Departamento de Geriatría del Instituto Nacional de Rehabilitación.

El resultado de esta interacción se ve reflejado en el protocolo médico denominado: “Monitoreo de marcadores fisiológicos y actividades de la vida diaria como identificadores de un estado de depresión en adultos mayores” desarrollado en conjunto con la Doctora antes mencionada, la Psicóloga Morales y el autor y se muestra en el Anexo a este Caso de estudio.

### **Análisis de resultados**

La construcción del segundo prototipo llevó a nuevos retos, sobre todo en el módulo 2 y el módulo lógico. La puesta a punto requirió de constantes cambios, correcciones y pruebas hasta lograr el funcionamiento óptimo para llegar a la experimentación del desempeño del sistema MAMD con un paciente en las condiciones más cercanas al funcionamiento definitivo.

## ***Módulo 1***

Este módulo se diseñó y desarrolló de manera eficaz y eficiente ya que funcionó sin problema alguno enviando adecuadamente la información al módulo 2 para su procesamiento.

La interacción con el usuario principal fue, al parecer, tan transparente como era requerido, pues no se reportó cansancio, estorbo o afectación alguna durante su uso, además de captar los datos y enviarlos como era debido.

Al usuario en segundo grado (familiar) le pareció fácil el cambio de batería y su recarga, no hubo problema alguno.

## ***Módulo 2***

El objetivo del módulo 2 está bien logrado a este nivel. Es posible recibir la información enviada por el módulo 1. De la misma forma se lleva a cabo el proceso de detección de movimientos para identificar los patrones de conducta y procesar la información que se muestre como irregular.

Se han presentado ciertos problemas con el enlace por la red celular 3GSM; no es posible identificar<sup>58</sup> si es por la baja de servicio a la red 3GSM por la actualización a la red 4GSM LTE, por la calidad del módem o situación específica. Pero cuando se presenta esta falla, el sistema no capta la información actualizada y más aún no se puede subir al servidor.

Debido a esto, la versión final del módulo 2 se enlaza a Internet por medio de conexión inalámbrica WiFi, utilizando una “llave” tipo USB. El módem 3GSM se descarta por la continua presencia de fallos en la conexión y se reemplaza con un módem 4GSM del tipo router Móvil modelo Huawei E5377Bs-508 para conexión WiFi a Internet.

---

<sup>58</sup> No esta a nuestro alcance este análisis técnico. Depende de las compañías de servicio telefónico.

Se llevaron cambios formales a la integración de la Webcam para permitir mejor libertad de manejo y posicionamiento de la misma.

### ***Módulo lógico***

Este módulo es el que presentó más situaciones, debido a la complejidad que presenta y a los diversos factores que interactúan en éste. Se requirieron constantes cambios en la programación, desde la reducción de información a procesar (por ejemplo, el número de lecturas por segundo del sensor de temperatura), la selección de la presentación de los datos (tipos de gráficas), información requerida de los pacientes, del médico o del familiar. Otros ajustes fueron por pequeños problemas que se fueron corrigiendo, tales como el arranque del sistema, permisos de acceso a la información, calidad de las imágenes, cruzamiento de datos y los típicos “bugs<sup>59</sup>” que se presentan durante el proceso de programación y puesta a punto de un sistema. La página Web presenta de forma adecuada la información y el servidor Web es suficiente para el flujo y procesamiento de la información.

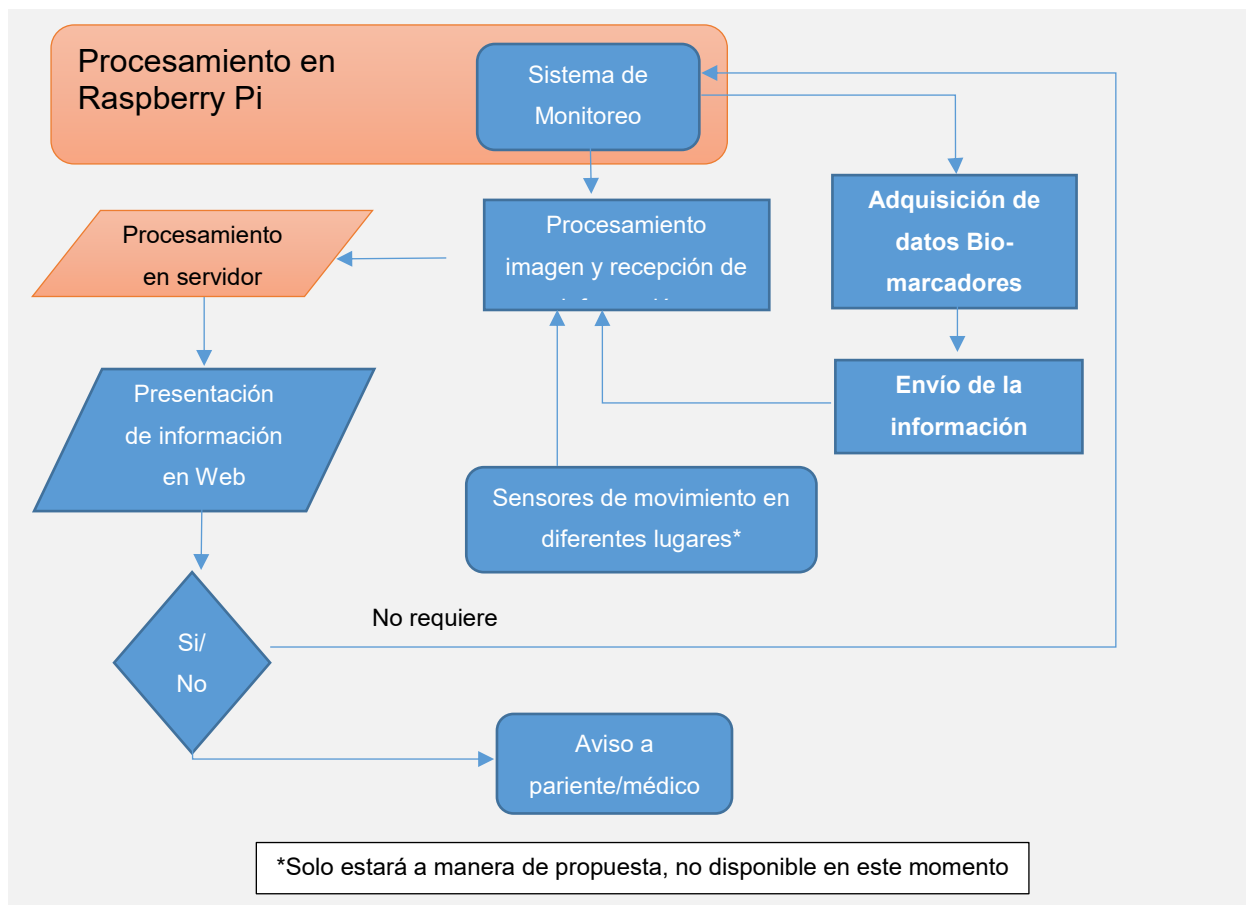
### **Reporte del caso**

#### ***El caso o el problema***

Se llevó a cabo el desarrollo y construcción del segundo prototipo para el MAMD bajo el mismo modelo del caso anterior, sólo se requiere que el módulo 2 sea independiente sin la necesidad de la conexión a una computadora. En la Figura 3.13 se pueden ver los principales cambios con respecto a la propuesta anterior (ver Figura 3.5) en donde el sistema de monitoreo se lleva a cabo desde un módulo independiente que sea capaz de capturar y procesar las imágenes.

---

<sup>59</sup> Los bugs son pequeños errores en los códigos de programación que pueden hacer que se caiga un sistema o simplemente no funcione de manera óptima. Nota del autor.



**Figura 3.13 Nuevo esquema de Procesamiento de la información por medio de módulo 1, 2 y lógico (figura del autor).**

### ***Consideraciones para elaborar el caso***

La integración de los diferentes módulos llevó a la creación de un sistema complejo. Para esto hubo que considerar la intervención de diferentes disciplinas como: Ingeniería en sistemas, psicología, geriatría, electrónica y diseño. Otra consideración importante es la de incorporar a los otros usuarios involucrados en el proceso de monitoreo. Es decir, no sólo tomar en cuenta al paciente, sino a los familiares o cuidadores y médicos, así como a un posible administrador del sistema.

Por último, la necesidad de formalizar a la selección del paciente a monitorear por medio de la creación de un protocolo médico. Desarrollado por la Psicóloga, la Geriatra y el Autor, mismo que ayudará a identificar a los candidatos a usuarios *ad hoc*.

### ***Resultados***

El adecuado funcionamiento del prototipo y los resultados obtenidos en el caso 1, permite llevar a cabo una prueba con pacientes reales, siguiendo los parámetros establecidos de forma interdisciplinaria en el protocolo médico (parámetros y criterios establecidos en el Anexo B) al momento de elegir a los pacientes candidatos a llevar a cabo el MAMD.

### ***Retos y cómo se enfrentaron***

Los retos fueron grandes: como ya se dijo, de ser un simple artefacto se convirtió en un sistema complejo en donde cada vez aparecieron más y más variables, que son susceptibles a fallos simples inherentes al sistema pero que no pueden ser resueltos por nuestra parte y que desembocan en un fallo general.

El simple hecho de lograr que el sistema funcione sin presentar fallos, en sí mismo, constituye un gran reto. Algunos de estos fallos están fuera de nuestro alcance, como lo es el sistema de comunicación celular 3GSM, las fallas de suministro eléctrico, entre otros.

Otro reto fue la integración del protocolo médico a partir de una visión multidisciplinaria y que resultó un logro. Esto es debido a que se pudo trabajar con una psicóloga, una geriatra y un diseñador, el cual, aparentemente, no tiene nada que hacer en este tema.

### ***Implicaciones relevantes para el campo de estudio***

El objetivo del sistema tuvo un cambio radical y no se hace referencia al Módulo 2, sino a que el MAMD estaba propuesto para hacer monitoreo y a través de éste, detectar un estado de depresión de los adultos mayores. Sin embargo, las implicaciones nos llevaron a hacer un sistema que monitorea a Adultos Mayores con un diagnóstico previo de

Depresión y lo que se busca (no sólo mediante el uso del sistema) es la prevención de eventos de depresión mayor.

### ***Lección aprendida con el caso***

Con los resultados derivados del caso 1, se puede inferir que el sistema MAMD es totalmente posible. Con la modificación al módulo 2 es más viable la colocación en la casa o habitación en la que radica el paciente. “No hay sistemas pequeños[Iván Gutiérrez]” es algo importante que se debe recordar, la integración de todos los elementos en un sistema requiere pensar en diferentes aspectos y la estructuración siempre debe contemplar los aspectos interdisciplinarios del mismo.

De la misma forma hay que tomar en cuenta a todos los usuarios implicados, no es posible pensar como usuario único al paciente adulto mayor como único implicado. La interacción con cuidadores o familiares es muy importante, de la misma forma que la acción del médico. Es por esto que se debe profundizar en el aspecto de la experiencia de usuario o UX.

Otro aspecto importante es lo aprendido derivado de la creación del protocolo médico, ya que las consideraciones de diseño relevantes a tomar en cuenta como lo es el conocer que los pacientes con diagnóstico de depresión regularmente son medicados y eso puede alterar las mediciones de un monitoreo. Otro aspecto es que los pacientes con enfermedades crónicas como arritmias cardíacas, hipertensión o similares también influyen en el monitoreo del ritmo cardíaco.

### **Estudio de caso 3: Aplicación del MAMD a Pacientes**

Este último caso tiene por objetivo valorar la utilidad y aportación percibida del uso del Sistema MAMD. Para llevar a cabo esto se aplicó el sistema inicialmente con 3 pacientes. Esto se realizó procurando el apego máximo al protocolo médico antes logrado en el estudio de caso 2. En esta etapa se busca identificar el funcionamiento, las ventajas o desventajas del mismo y el conocimiento de la experiencia de usuario del paciente, el familiar y el médico tratante. En otras palabras, se evaluará la experiencia del usuario U/X.

#### **Identificación de la situación**

Una vez probado el prototipo del MAMD deberá ser probado con pacientes reales y verificar el funcionamiento general. Habrá que conocer los detalles de la instalación, puesta a punto y aceptación por parte de los usuarios.

Es importante identificar los diferentes usuarios involucrados en el proceso, en donde:

- El usuario principal: es el paciente que portará el brazalete (preferentemente en el brazo izquierdo) y será monitoreado en su ADL.
- El usuario secundario: es el familiar o asistente. Éste deberá instalar el sistema (colocar el módulo 1, realizar las conexiones necesarias y ayudar en la colocación del brazalete en caso de ser necesario), cargar la batería y cambiarla diario. De igual manera, debe verificar que el sistema funcione y recibirá notificaciones y consultar el sitio Web del sistema.
  - El usuario médico: El médico o tratante es el que menos contacto tendrá con la parte física del sistema, sin embargo, podrá monitorear a través del sitio Web (<http://www.cixxi.com.mx/finch/index.php>) diseñado específicamente para este fin. Podrá registrar a los pacientes y familiares, en su caso borrarlos y tener acceso a toda la información generada por el sistema. Este último deberá aprender a interpretar la información generada, especialmente del ADL.



- Se presenta un posible cuarto usuario que sería el administrador del sistema, que se encargaría de dar mantenimiento y mantener el mismo en su correcto funcionamiento.

## **Diseño del caso**

Este tercer caso también se perfila con corte exploratorio y responde a las siguientes preguntas:

- ¿Puede el sistema MAMD traer beneficios a los Adultos Mayores en estado depresivo?
- ¿El diseño del prototipo es adecuado para su fácil uso?
- ¿Los usuarios perciben beneficio en la aplicación del sistema?
- ¿El Sistema MAMD realmente funciona para identificar cuando un paciente entra en un cuadro de depresión mayor?

La respuesta a estas preguntas requirió la aplicación del sistema MAMD en adultos mayores en estado de depresión. La unidad de análisis principal en este caso es la experiencia de usuario. Una vez aplicado el sistema, se evaluó la experiencia de usuario por medio de una encuesta simple con cada uno de los usuarios implicados en el proceso.

## **Conducción del caso**

Para llevar a cabo este estudio de caso se planeó trabajar con pacientes del Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) en la sección de Psicología dirigida por la Psicóloga María del Pilar Morales Tlapanco. Debido a los requerimientos, se solicitó apoyo a la sección de Geriátrica del mismo Instituto con la Dra. Blanca Luz Jiménez Herrera. El proceso de autorización para realizar pruebas clínicas en el INR se alargó, y a pesar de que existía disponibilidad de colaborar con esta investigación, no había certeza sobre cuando poder iniciar la aplicación del MAMD. Hubo algunos inconvenientes de tipo administrativo y ético, ya que se requería de un convenio vigente y los permisos necesarios por parte de familiares del paciente a ser monitoreado. A pesar de ello, la

colaboración con el instituto antes mencionado ha sido clave para entender el problema, así como para definir el perfil del usuario final del sistema.

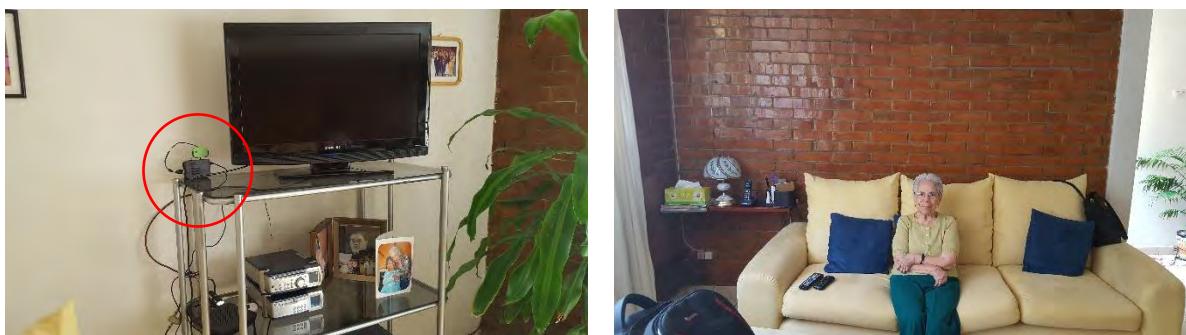
La selección de pacientes se llevó a cabo de manera externa, apegándose al protocolo médico, mediante lo cual se obtuvo un grupo de “Control” en donde los pacientes se consideran “Sanos”. Estos son pacientes de 70 años o más, con actividad normal o alta y son autosuficientes. Se les ha diagnosticado un estado de depresión incipiente o han sido controlados médicamente. El otro grupo es el grupo que presenta menor o escasa autosuficiencia; dependen de cuidadores o familiares para llevar a cabo su ADL. Generalmente están medicados y tienden a estar deprimidos y en algunos casos a presentar cuadros de “depresión mayor”.

Debido a la complejidad del funcionamiento<sup>60</sup> se aplicó el sistema a un paciente por vez. Cada paciente debe ser elegido y antes deberá hacerse una recopilación de información a manera de ficha técnica (ver anexo D) en donde se recolecta la información médica del paciente. Dicha información cuenta con datos como patologías existentes.

El sistema se instaló en la habitación en donde pasa la mayor cantidad de tiempo el paciente, ubicando el módulo 1 (cámara) en la zona que permita visualizar al paciente y en el mejor ángulo (ver imagen 3.8). Se debe considerar el espacio para la alimentación eléctrica, adecuada posición del sistema y colocación de instrumentos. Se coloca el módulo 2 (brazalete) en el paciente, dándole las indicaciones necesarias para la colocación y retiro del mismo.

---

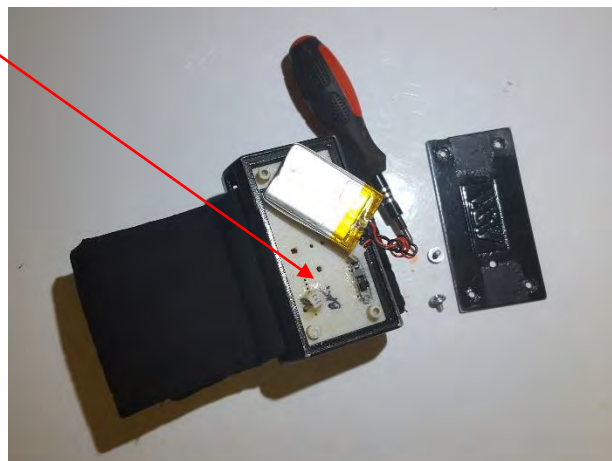
<sup>60</sup> La elaboración de un segundo prototipo implica el costo de una segunda línea telefónica, otro *router* WiFi y la complicación de la configuración del sistema de este segundo aparato. Por lo que se optó por aplicar el sistema a un paciente a la vez.



**Imagen 3.9 Colocación del sistema para la mejor visualización del ADL (imágenes del autor).**

El uso ideal del brazalete sería la aplicación las 24 horas del día, sin embargo, la duración de la batería permite un funcionamiento máximo de 12 horas. Se podría cambiar de batería al final de cada periodo, sin embargo, implica cierta “dificultad” la carga de misma y colocación en el brazalete, por lo que sólo se pudo llevar a cabo el cambio cada 24 horas en el domicilio del paciente. (Ver Imagen 3.9)

Conexión de batería para recarga



**Imagen 3.10 Elementos para carga de batería LiPo de 3.7V a 850mA. Con fuente de alimentación de 120 V AC a 5 V DC conexión USB a cargador *LiPoly Charger de Sparkfun®* de celda simple (imágenes del autor).**

El tiempo ideal de aplicación del sistema es mínimo de dos semanas. Durante la primera, el sistema registra y aprende la ADL del paciente. La segunda semana, el sistema ha “aprendido” el ADL y comienza con la comparación con respecto a el registro de la

semana anterior, por día y hora. Al inicio se envía una primera alerta indicando el inicio del sistema (Ver Imagen 3.10). Una vez iniciado el sistema el paciente no percibe el funcionamiento del mismo, ya que uno de los objetivos es que sea transparente para él y no obstaculice el ADL del paciente.



**Imagen 3.11 Mensaje enviado por el sistema para indicar el inicio del mismo (imagen del autor).**

Inicialmente se llena una ficha médica (Ver anexo D) con los datos generales de los pacientes se toma fotografía y se coloca el brazalete. Cada día se cambia la batería y una vez cumplido el periodo de prueba se realizan una serie de preguntas al paciente con respecto a la facilidad o dificultad de uso, así como la posible obstaculización del sistema en su ADL.

Se aplicó el siguiente cuestionario a paciente, familiares y médico con el fin de valorar la experiencia de usuario:

#### **Cuestionario de Experiencia de Usuario**

¿Cuál es la utilidad percibida por el usuario de un sistema para monitoreo de adultos mayores en estado depresivo?

- a. Experiencia de **Usuario Médico o tratante**.
  - i. ¿Es importante monitorear a los adultos mayores?
  - ii. El sitio Web para monitorear a los pacientes es...

1. Intuitivo.
  2. Confuso.
  3. Útil.
  4. Irrelevante.
  5. Funcional.
- iii. ¿El uso de la tecnología ayuda a dar seguimiento a los pacientes?
  - iv. ¿El Sistema ayuda a mejorar el tratamiento para el paciente?
  - v. ¿El uso de los biomarcadores ayudó al monitoreo de los adultos mayores?
  - vi. ¿La combinación de los biomarcadores con la identificación de patrones de movimiento podría ayudar a identificar un estado de depresión mayor?
  - vii. ¿Podría anticiparse un evento de depresión mayor al utilizar este sistema?
  - viii. ¿Considera que el uso de este sistema podría mejorar la atención del paciente?
  - ix. ¿Tendría algún beneficio la aplicación del sistema?
  - x. ¿Qué recomendaría que se le añada al sistema?
- b. Experiencia de usuario: **pacientes**.
- ii. En general ¿qué le parece el sistema?
  - iii. ¿Cree que el sistema pueda ayudar a dar seguimiento de su salud?
  - iv. ¿Considera importante que el sistema le avise a sus familiares en caso de emergencia?
  - v. ¿Prefiere que el sistema avise a sus familiares, al médico o a ambos?
  - vi. ¿Fue molesto el portar un brazalete durante el día?
  - vii. Aun cuando la cámara no graba imágenes ¿cree que es invadida su privacidad?
  - viii. ¿Hay algo que le cambiaría al sistema?
  - ix. Lo considera...
    1. Fácil de usar.
    2. Normal de usar.
    3. Dificil de usar.
  - x. Lo considera...
    1. Cómodo.
    2. Incómodo.
    3. Ninguna de los dos.
  - xi. ¿Le causó alguna molestia el portar el brazalete?
- c. Experiencia de usuario: **Familiares**
- xii. ¿Es útil el sistema? ¿por qué?
  - xiii. ¿El sistema le ayudó a dejar con confianza a su familiar?
  - xiv. El hecho de que el sistema le envíe una alerta en caso de que su familiar tenga alguna emergencia, le parece:

1. Importante.
  2. Molesto.
  3. Me da igual.
- xv. ¿Considera importante que el sistema lo pueda visualizar el médico de su familiar?
- xvi. Colocar el sistema es...
1. Complicado.
  2. Fácil.
  3. Normal.
- xvii. ¿Qué función le añadiría al Sistema?
- xviii. ¿Le ayudó el sitio Web para visualizar el estado de Saludo de su familiar?
- xix. ¿Usted cree que el sistema resultó cómodo para su familiar?
- xx. ¿Le preocupa la información que recopila el sistema?
- xxi. Si el sistema de salud le brindara este servicio para su familiar...
1. Lo usaría sin pensarlo.
  2. Tendría mis reservas.
  3. Depende de mí familiar.

Se realizaron preguntas al familiar o cuidador del paciente, en el mismo sentido y conocer su experiencia de usuario. Idealmente se debería aplicar estas preguntas al doctor o médico tratante; sin embargo, al no haber un médico general y tener diferentes médicos, se realizó esta encuesta a la Dra. Blanca Jiménez y la Psicóloga María del Pilar Morales Tlapanco, ambas del Instituto Nacional de Rehabilitación. En el anexo D se puede ver la ficha médica con datos de los pacientes y las respuestas del cuestionario.

Los resultados de la aplicación del sistema se visualizarán en el sitio Web por cada paciente. Permitiendo identificar la imagen del paciente, datos u observaciones hacia el mismo, la temperatura y ritmo cardiaco por fecha y hora, así como el mapa de la ADL con una imagen de fondo (con el fin de identificar el espacio de la habitación y ser reconocido por el médico tratante), con reducción de resolución para garantizar la privacidad (Ver imagen 3.12).



**Imagen 3.12 Vista del sitio Web para el médico o familiar. 1. Fotografía del paciente; 2. Espacio para añadir anotaciones; 3. Gráfica de temperatura por hora; 4. Gráfica de RC por hora; 5. Mapa de ADL (imagen del autor).**

El sistema envía una serie de alertas por SMS o correo electrónico. Estas alertas suenan cuando se inicia el sistema (Ver imagen 3.13 cuando hay alta o baja temperatura y cuando hay RC muy bajo).

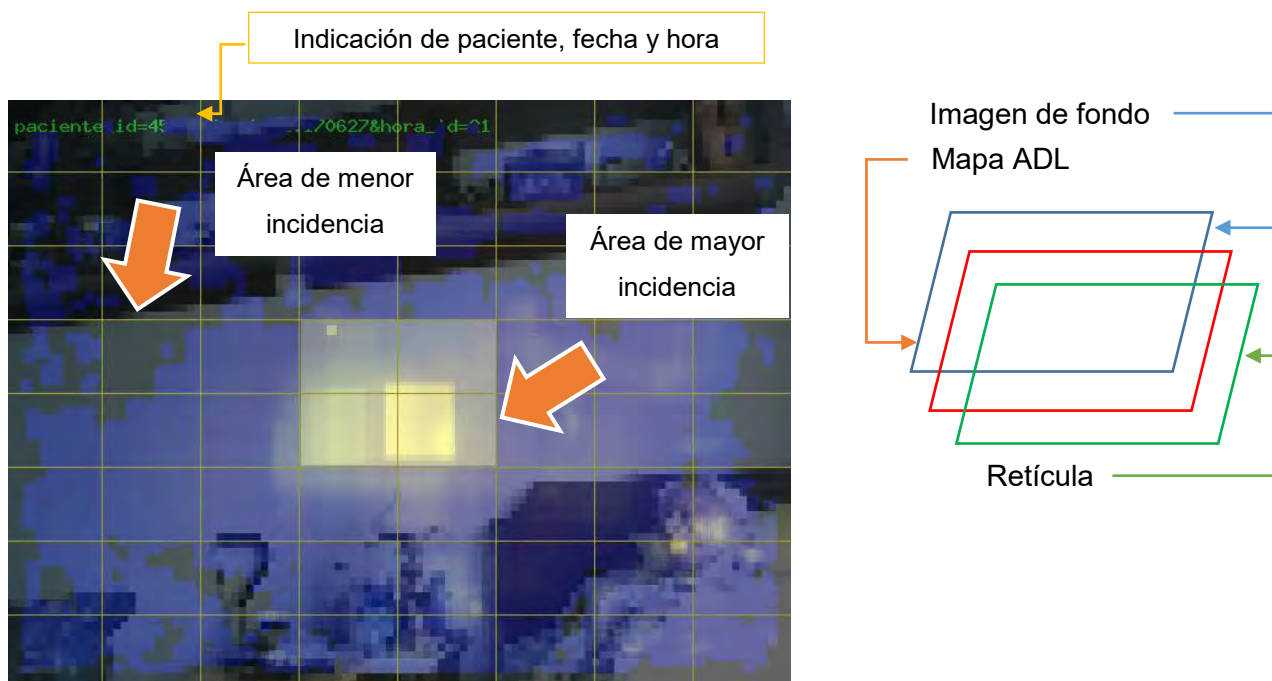


**Imagen 3.13 Muestra de Mensaje de alerta por baja temperatura (imagen del autor).**

## Análisis de patrón de movimientos del ADL

Las ADL del paciente revelan el tipo de comportamiento y en muchos casos el estado de salud. Cada individuo tiene unas ADL diferentes y muy relacionadas a sus necesidades, capacidades y entorno. Es por eso que el Sistema MAMD ha sido programado para identificar cuerpos humanos y registrar su posición en cada momento. Para hacer esto, se identifica un cuerpo humano por medio de un cuadro, este presenta coordenadas cartesianas dentro de un plano, este plano es la imagen que capta la cámara.

En la imagen 3.14 se puede ver una imagen de fondo, la cual se procesa para ser presentada en baja resolución y sólo muestre una imagen parcial de entorno del paciente, encima se presenta el mapa de rastreo, en este se puede ver los lugares de incidencia del paciente. Los cuadros oscuros (azul) indican poca presencia o movimiento. Los cuadros amarillos indican la mayor cantidad de incidencia o movimiento. Por último, se presenta una retícula que facilita la localización de la zona del mapa cartesiano en la imagen.



**Imagen 3.14** Captura de ADL resultante en imagen de mapa cartesiano en tres capas: Imagen de fondo, mapa ADL y retícula. En la zona de amarillo intenso se visualiza el mayor tiempo que permanece el paciente en movimiento y la zona oscura en donde no hay registro de movimiento (imagen del autor).



## **Análisis de resultados**

El análisis se llevó a cabo en dos partes principales: resultados del monitoreo y resultados de la aplicación del cuestionario. El análisis del monitoreo pretende mostrar cómo el registro de los biomarcadores como la temperatura y el ritmo cardíaco se relacionan en el ADL y pueden, de alguna manera, predecir o detectar un episodio de depresión mayor en los adultos mayores. Por otra parte, el cuestionario se utilizó para conocer la experiencia de usuario del paciente, para saber la situación de su estado mientras usaba el sistema, además de conocer la experiencia de usuario del familiar o cuidador y en su caso del médico.

### **ADL**

Se presenta el análisis de los registros obtenidos de los diferentes pacientes en sus ADL y los biomarcadores (RC y temperatura). En primera instancia, se presenta el mapa de ADL y los resultados obtenidos. A continuación, se integra el registro de RC y temperatura como complemento a la visualización del ADL. Por último, se hace una comparativa de los registros de los tres pacientes para identificar los resultados obtenidos sus variantes y coincidencias.

En la Tabla 3.3 se presentan cinco muestras de un solo paciente (P1) en donde se puede visualizar su actividad. Este paciente presenta mucha movilidad y sólo por la tarde noche permanecía mucho tiempo en la sala, incluso, en ocasiones se quedaba dormido y hasta la madrugada se despertaba para ir a su dormitorio.

En la muestra 1 se visualiza claramente una zona con muchos cuadros color amarillo (A), lo puede indicar que una persona permaneció sentada con relativo movimiento, por otra parte, se visualiza un cuadro grande azul (B), misma que podría indicar a otra persona en un estado de reposo relativo, ya que el sistema detecta poco movimiento.

En la muestra 2 se ve mantiene el cuadro azul (B), que puede ser la misma persona, sin embargo, la zona con mayor intensidad de movimiento se encuentra ahora junto a la zona


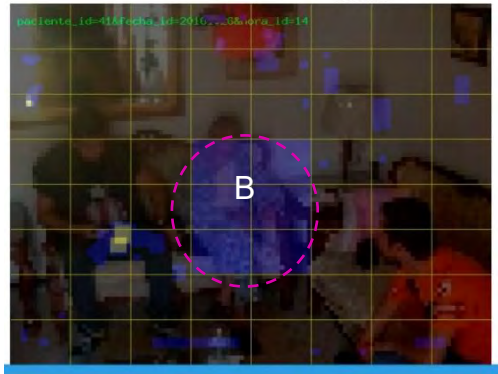
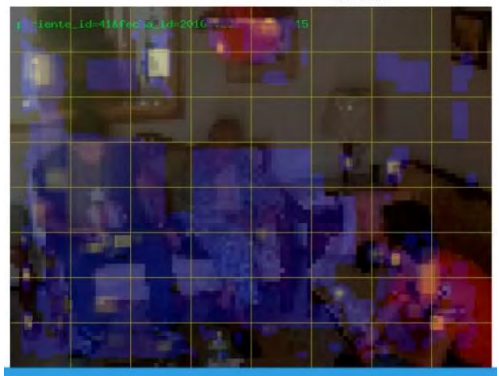
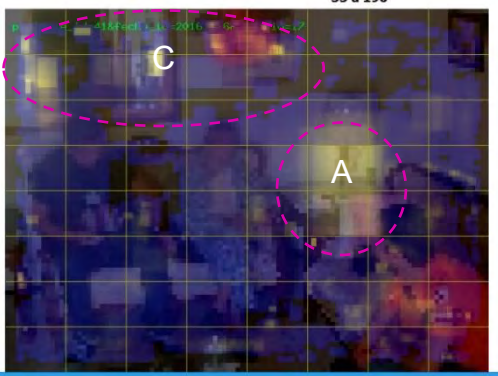
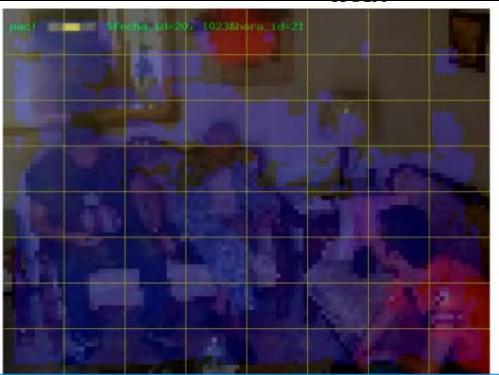
azul (B). Esto puede indicar que la persona detectada en la zona A se movió a un lado de la zona B.

La muestra 3 presenta un caos de manchas amarillas, esto no permite identificar que la persona esté, claramente, en una posición o lugar. Esto hace pensar que fue una hora en la que pudo haber mucho movimiento, quizá otros individuos en el mismo espacio o movimiento del paciente. También se puede añadir como referencia la hora del día (15:00 horas), hora en la que puede presentarse ausencia debido a la hora en que podría ir a tomar sus alimentos.

En la muestra 4 se identifica claramente dos zonas amarillas, una que parece una mancha y que permite asociarla claramente con una persona (A) y la otra que muestra diferentes zonas dispersas (C) y no pueden ser relacionadas con un cuerpo humano, ya sea por la posición como por la dispersión. Estas pueden ser falsos positivos derivados de la iluminación indirecta.

En la muestra 5 no se aprecia con claridad posición alguna. Esto puede ser que no haya estado en el lugar o se quedó dormido en el lugar, ya que como se puede ver, la muestra fue tomada a las 21 horas.

## Muestras de Mapeo de ADL

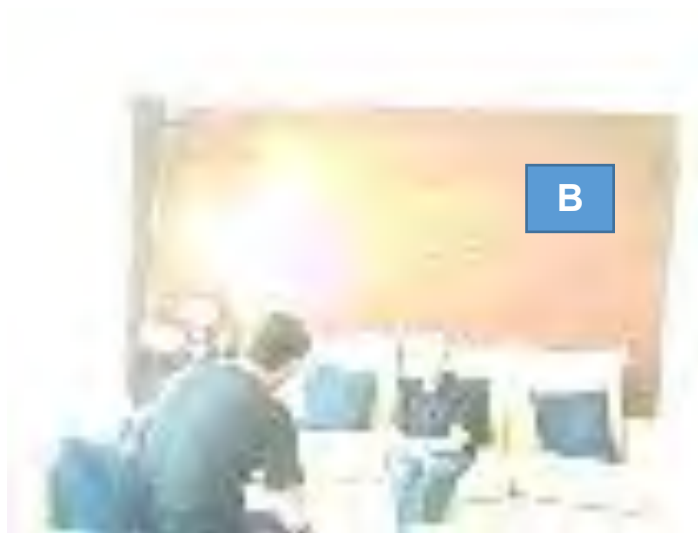
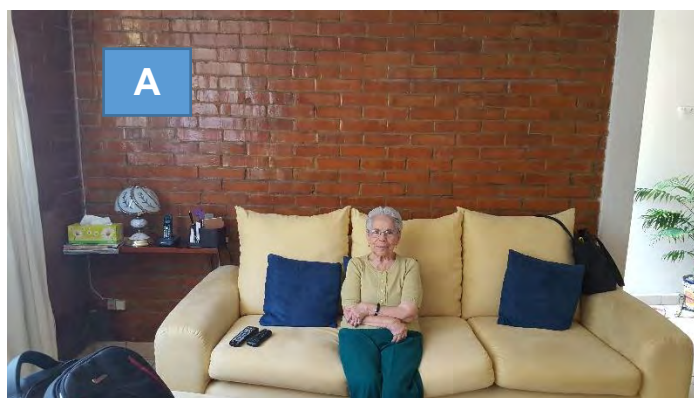
 <p>Muestra 1</p>	 <p>Muestra 2</p>
 <p>Muestra 3</p>	 <p>Muestra 4</p>
 <p>Muestra 5</p>	

**Tabla 3.3** Imágenes de muestras de captura de diferentes momentos del día del ADL de un paciente. El objetivo de esta tabla es sólo identificar el mapeo de acuerdo al patrón de movimiento (tabla e imágenes del autor).

La visualización del mapa de ADL se puede entender mejor al presentarse en conjunto el registro de temperatura y RC. La especificación por fecha y hora permite visualizar el

ADL con los biomarcadores del paciente, indicados en gráficas individuales de la temperatura de la piel y el RC.

En la Imagen 3.14 se puede ver el entorno del paciente, este sirve como imagen de fondo para identificar las zonas de movimiento del paciente y por lo tanto su ADL. Cabe mencionar que esto se llevó a cabo en el sitio en donde el sujeto de estudio pasa la mayor cantidad de tiempo (en este caso la sala de estar).



**Imagen 3.14 (A) Foto original, tomada del entorno del paciente.**  
**(B) El sistema le baja la resolución de manera que se vea fragmentada y sólo sirva como referencia para la identificación de las zonas en el mapa del ADL (imágenes del autor).**

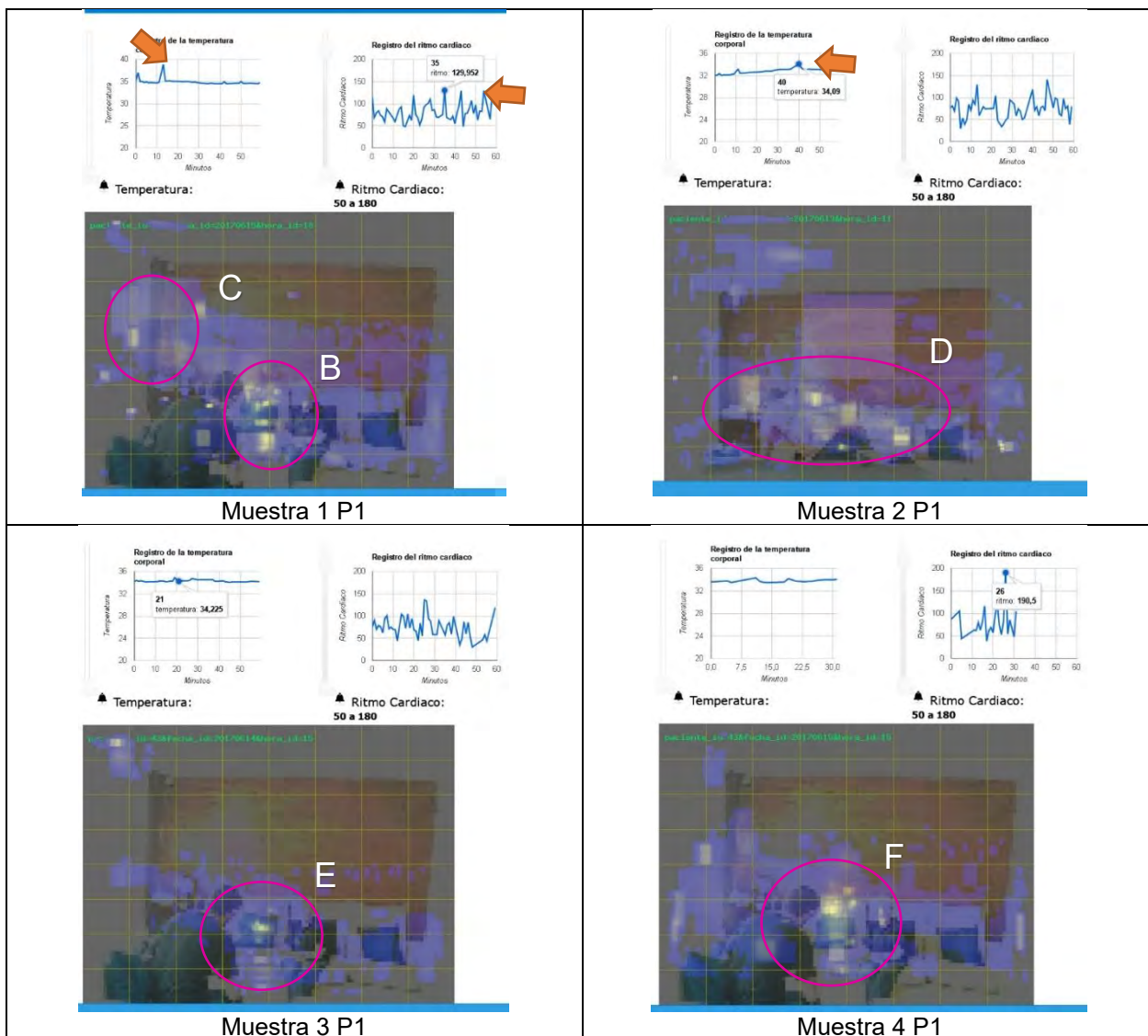
De esta manera, se puede ver en la muestra 1 la gráfica de temperatura, que se presenta de forma lineal con un pico que puede ser despreciado por la duración del mismo. A un lado se presenta el RC con una variabilidad que puede ser considerada normal, de hecho, puede traducirse como lectura de paciente sano y en el mapa de ADL se muestra la Zona B en dónde se puede ubicar el paciente, sedentario, pero con movimientos corporales parciales (extremidades y cabeza). La zona C muestra falsos positivos causados por un efecto de reflejo de la luz filtrada al interior de la casa y que no contaba con cortinas o persianas que evitaran este efecto, de hecho, se verá en muestras posteriores.

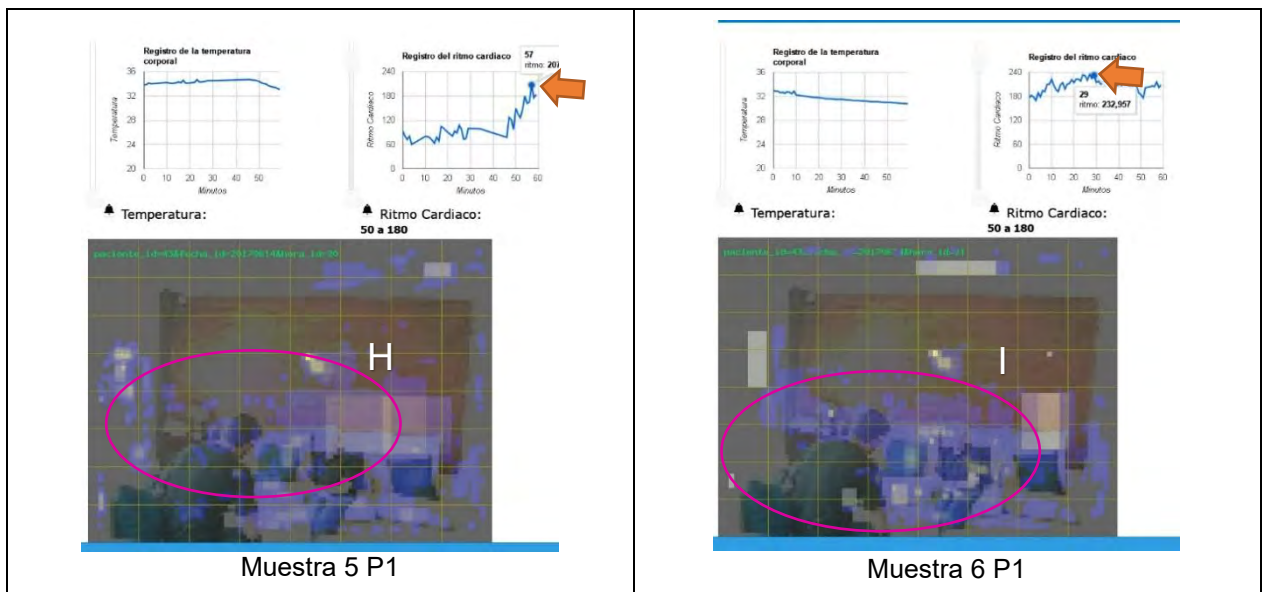
En la muestra 2, la gráfica de temperatura presenta un comportamiento estable, mientras que el RC se muestra nuevamente variable, manteniendo el mismo comportamiento que en la muestra 1. Con respecto a las ADL, la zona D indica el área del sofá y se puede visualizar a por lo menos dos personas en postura sedente.

La muestra 3 presenta una reducción de movimiento (zona E), ya que la zona de cuadros amarillos es muy pequeña. Se puede presumir que el paciente abandonó temporalmente el lugar (por la hora 15:00 horas) y que el módulo 2 continuó enviando datos al módulo 1. Esto se puede visualizar que la temperatura se mantiene al igual que la variabilidad del RC. La muestra 4 refuerza la idea del movimiento del paciente a otra zona, puesto que el mapeo se realizó a la misma hora y, aunque la zona F tiene una mayor intensidad de cuadros amarillos, es muy similar a la de la muestra 3. Por otra parte, se hace más evidente la ausencia al cortarse el flujo de información del módulo 1 (temperatura y RC) aproximadamente a los 30 minutos de la hora.

Las muestras 5 y 6 muestran un aspecto importante, ya que, como se puede ver, las zonas H e I muestran lo que pudiera ser un movimiento constante del paciente a lo ancho de la habitación. De la misma forma, la temperatura desciende y se incrementa mucho el RC. El sistema envió alertas, específicamente por el nivel alto del RC. Al verificar el estado del paciente, éste refirió que se había recostado y quitado el módulo del brazalete para descansar mejor. Esto resulta importante, ya que puede generar una falsa alarma y alterar a los familiares y/o cuidadores.

## Conjunto de muestras 1 ADL-Temperatura-RC (Paciente 1 P1)





### *Conjunto de muestras 2 ADL-Temperatura-RC*

El segundo grupo de muestras pertenece al segundo paciente, con características similares al anterior, en cuanto a movilidad y dependencia; no vive solo, por el contrario, vive con su hija y dos nietos. Presenta movilidad y amplia actividad con un elevado nivel de autosuficiencia. Sin embargo, esta movilidad es relativa en su hogar y normalmente deambula de su habitación a la cocina, baño, patio-jardín y la mayor parte del día en la sala de estar viendo televisión. El paciente refiere arritmia cardiaca y síntomas de depresión común.

El monitoreo llevado a cabo pudo haber presentado falsos positivos en las ADL por la presencia de otros individuos ajenos al paciente objeto de estudio. En la muestra 1 se presentan las zonas A y B indicando una clara presencia de dos sujetos; se presume que el paciente está ubicado en la zona B, esto de acuerdo a la observación de otras muestras, nos permite deducir que es su “asiento favorito”. La zona C presenta un falso positivo que puede ser el reflejo de la luz emitida por el televisor (en esa zona se encuentra un cuadro enmarcado con un vidrio). Durante las muestras 1, 2 y 3 se puede visualizar un incremento de temperatura que fue de los 35°C y que alcanzó a poco más



de 38°C. El sistema envió varios mensajes de alerta y al comunicarse con el paciente refirió una infección en la garganta y entre los síntomas se presentó fiebre. Como se puede ver, el RC es muy variable, no se puede precisar si fue por el cuadro infeccioso que presentaba o por su arritmia.

En la muestra 2 se continúa visualizando la temperatura alta, el RC variable, pero se identifica de mejor manera al paciente en la zona D. La zona E muestra el mismo patrón de falso positivo como en la zona C de la muestra 1.

En la muestra 3 y 4 se muestra un ADL similar en la zona F y G, el paciente en un lugar específico con poca movilidad. El RC es bastante variable a pesar de la “baja movilidad”. Nuevamente no es posible determinar si es por la arritmia del paciente o por el cuadro infeccioso que presenta y que se puede verificar en la gráfica de la temperatura, aunque, como se observa en el minuto 50 de la muestra 4, la temperatura desciende considerablemente.

La muestra 5 muestra una zona azul oscuro (H), en donde se puede pensar que no hubo movimiento alguno; sin embargo, también se puede asumir una falta de iluminación que no permite un registro fidedigno para su interpretación. Se descarta la ausencia del paciente debido al registro de datos del RC y la temperatura. El RC nuevamente presenta amplia variabilidad, aunque se presume falta de movimiento y la temperatura es estable y adecuada (36.6°C).

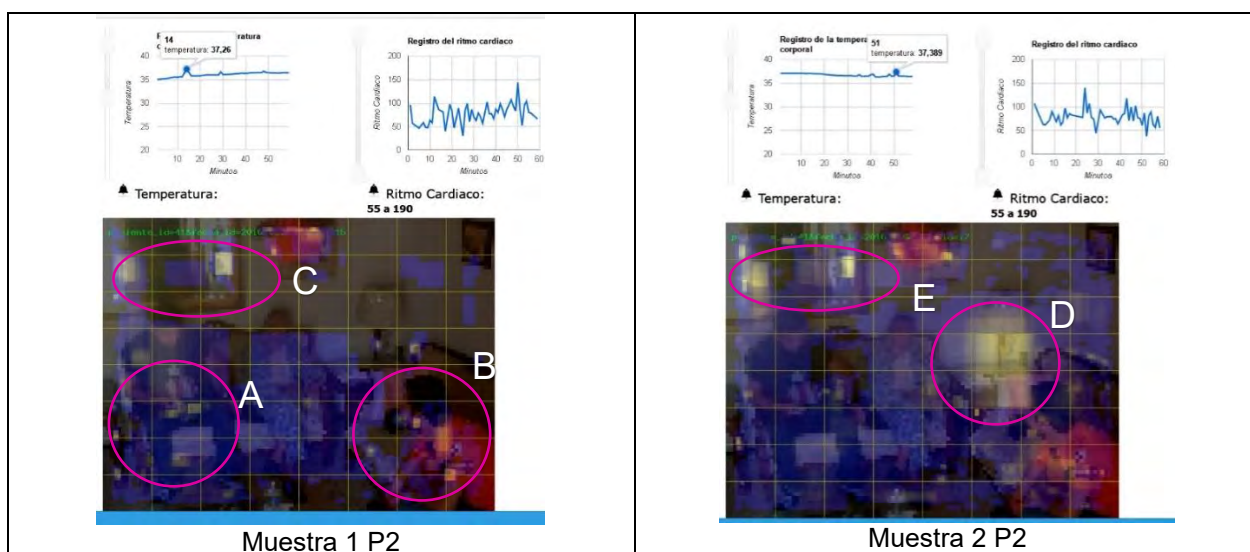
Por último, se presenta la muestra 6, que presenta una serie de datos difíciles de identificar en las ADL. Se aprecian tres zonas (I, J, K) en diferentes áreas del mapa. Esto podría interpretarse como un alto desplazamiento por la habitación; sin embargo, el RC presenta muy poca variabilidad y el límite inferior es cercano a las 50 ppm. Otro dato confuso es la temperatura, que como puede verse, presenta un promedio de 38°C, evidentemente un estado de fiebre. La suma de datos puede presentarse como un error de lecturas del sistema; no obstante, podríamos relacionarlo a efectos de la enfermedad (infección de la garganta), efectos secundarios de una medicación y que esté causando

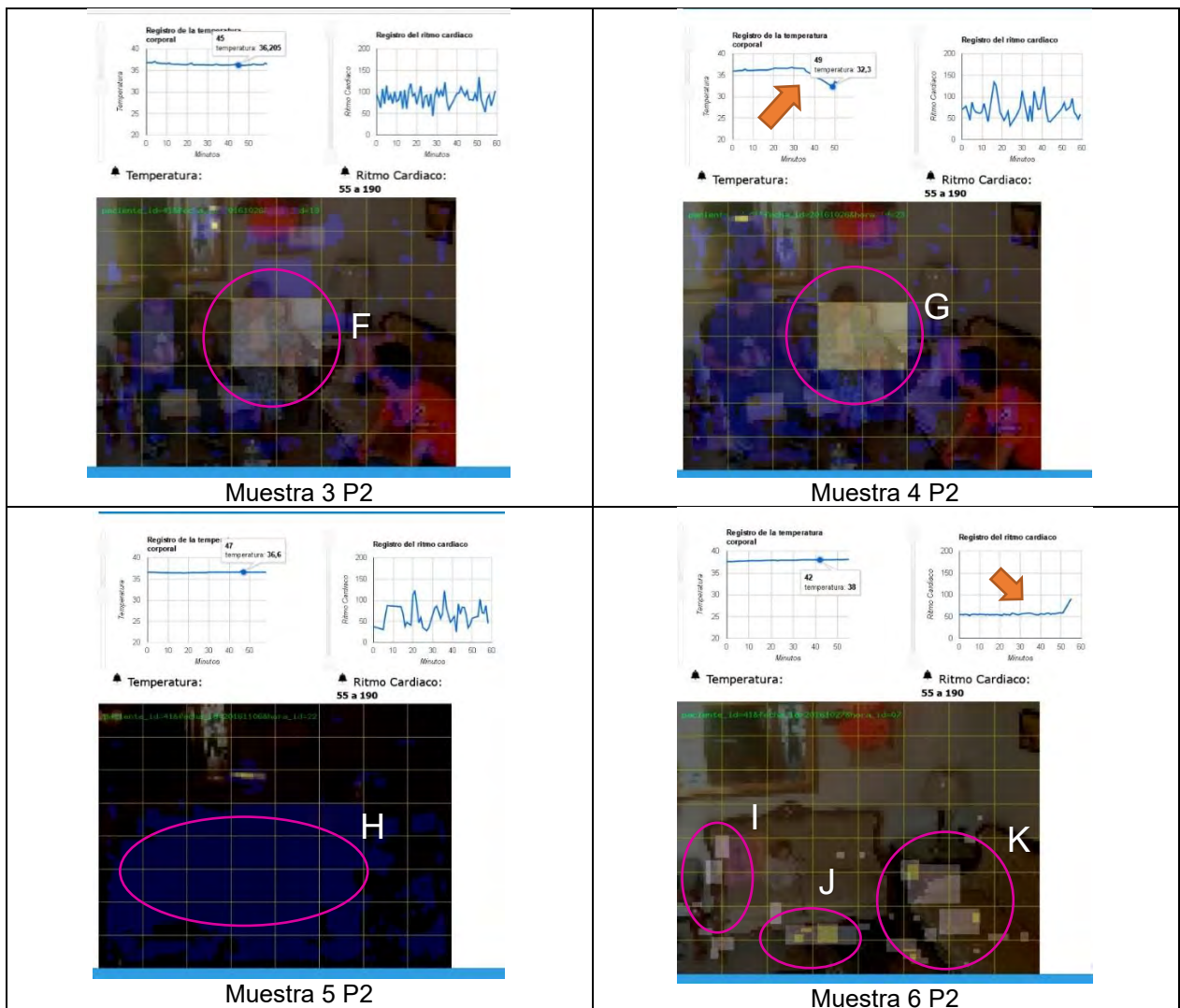


estas lecturas diferentes a lo normalmente presentado. El movimiento o desplazamiento anómalo en la habitación también puede ser causado por los efectos de la medicina. Por otra parte, la baja variabilidad del RC y el nivel de pulsaciones por minuto cercanos a los 50 ppm es un signo de un estado emocional bajo (tristeza, nostalgia o depresión) e incluso, puede asociarse al inicio de un episodio de depresión mayor, aun cuando presenta desplazamientos en la habitación, la movilidad es lenta y pausada.

En esta muestra 6, el sistema emitió dos alertas: alerta de temperatura alta y alerta de cambio en el patrón de movimientos. Para esto está diseñado el dispositivo, ya que, al detectar una situación como la antes mencionada, el familiar o médico puede iniciar acciones que puedan revertir el estado de depresión mayor o en su caso, si es causado por otra enfermedad, dar un seguimiento al adulto mayor y no impedirle al familiar llevar a cabo otras actividades.

### *Conjunto de muestras 2 ADL-Temperatura-RC (Paciente 2 P2)*





### Conjunto de muestras 3 ADL-Temperatura-RC

El paciente de la muestra 3 es un adulto mayor de 90 años con poca movilidad, debido a un padecimiento de debilidad en las extremidades inferiores. Aunque se considera autosuficiente, requiere de cuidado y ayuda en ciertas actividades. Este paciente es ideal para el estudio ya que pasa más del 90% del tiempo en su habitación y generalmente acostado viendo televisión (Ver Imagen 3.15). El sujeto refiere buena salud; sin embargo, toma varios medicamentos para controlar la hipertensión y oxigenación cerebral, entre otros.



**Imagen 3.16 Habitación del paciente, espacio en el que desarrolla la mayor cantidad de actividades de su ADL. Escasa movilidad y mucho tiempo recostado (imagen del autor).**

En las muestras 1 y 2 se presentan condiciones similares de RC, ADL y Temperatura. Esto demuestra que el paciente estuvo sedentario en la cama como se ve en las zonas A y B, pero con movilidad relativa (extremidades y cabeza); de la misma forma, se presenta variabilidad en el RC dentro del rango “normal” y temperatura poco arriba de los 36°C constante. Esto puede identificarse como un estado de ánimo bueno.

En la muestra 3 se puede visualizar que la gráfica de RC se hace más plana y el movimiento se muestra en la zona C muy similar a las muestras anteriores 1 y 2. Se puede presumir que tuvo movilidad, pero con cierta calma. La temperatura es constante por arriba de los 36°C.

La muestra 4 presenta una aparente ausencia de movimiento (zona D), pero en la gráfica se aprecia un incremento de variabilidad del RC. Estas lecturas hacen pensar en un escaso movimiento, pero si se revisa la cantidad de lecturas, se puede ver que hay un menor número de las mismas en las gráficas, tanto de temperatura, como de RC. Esto nos da la pauta a pensar que el paciente, quizá, salió momentáneamente al baño o a otro cuarto cercano a la habitación, por lo que se interrumpieron las lecturas de datos y luego se continuaron al regreso del paciente. Esto dio continuidad a la gráfica de la información.

En la muestra 5 se disminuye el RC y casi no hay variabilidad. En la zona E de la muestra, se ve claramente la concentración de puntos de localización. Casi no hay movimiento, lo que da pie a la interpretación de que el paciente se durmió, ya que hay un registro de poca o casi nula. Sin embargo, la escasa variabilidad del RC puede ser un factor de alerta, primero por los bajos niveles (cerca de 50 ppm) y segundo es la relación de baja variabilidad con la depresión.

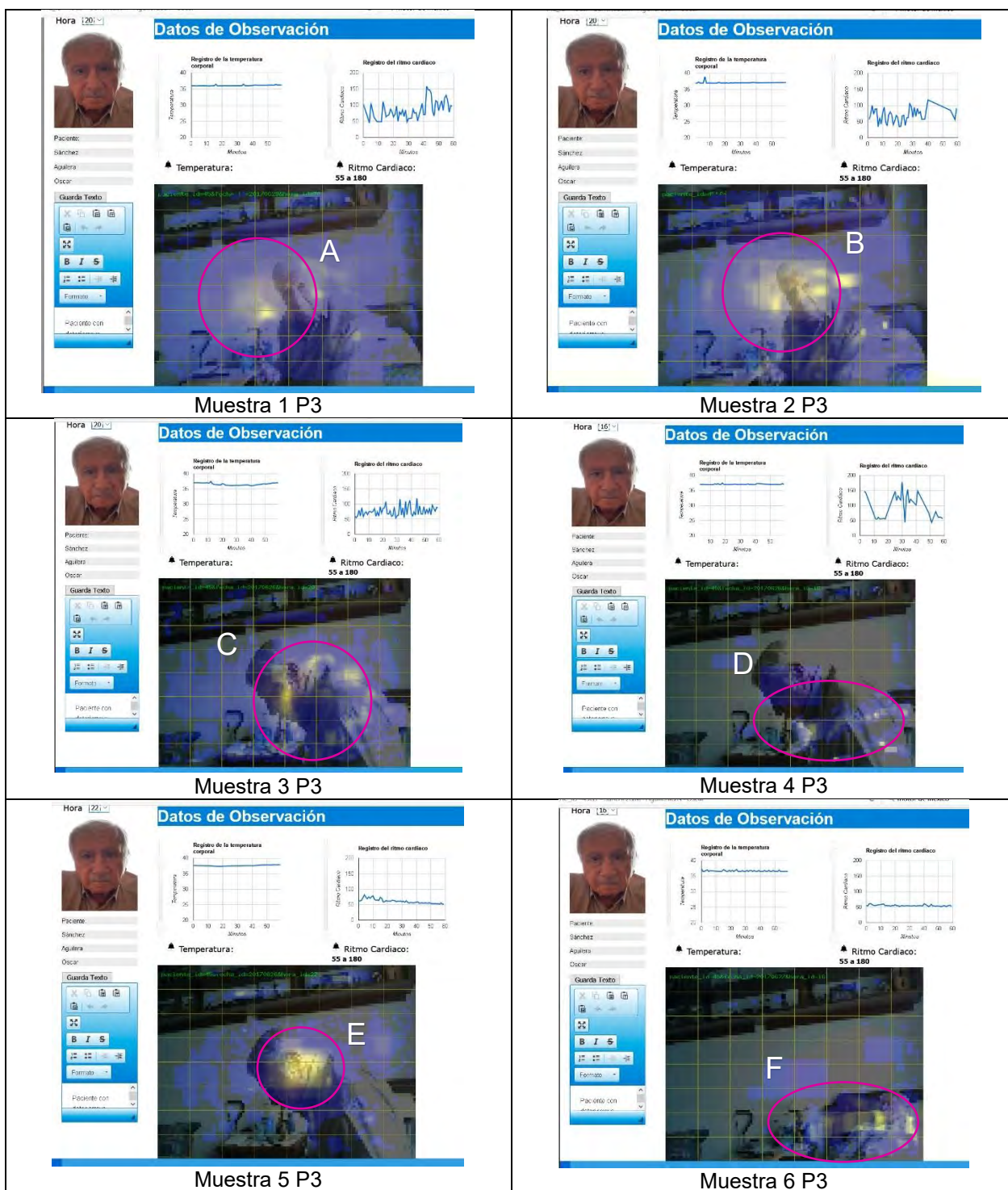
La muestra 6 presenta información muy similar a la muestra 5. Esto refuerza la idea que de la baja movilidad presentada en la zona F y el bajo RC con baja variabilidad, indican un periodo de sueño del paciente.

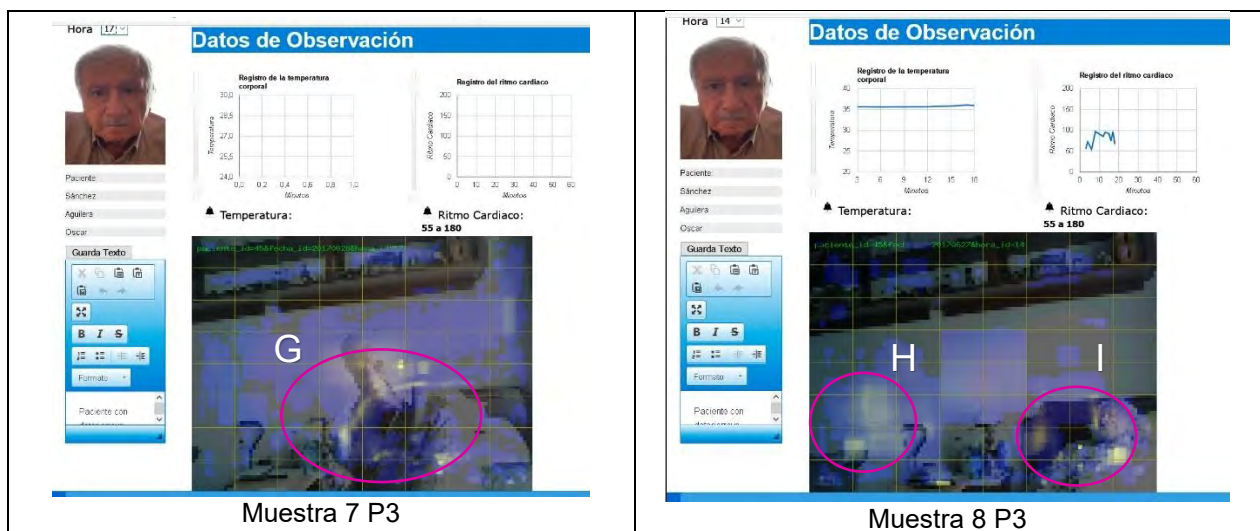
La ausencia del paciente se hace evidente en la muestra 7, ya que se presentan falsos positivos causados por iluminación externa. Los cuadros amarillos presentados en el mapa permiten identificar el contorno de la cama. Además, la ausencia de datos recopilados por el módulo 2, no permiten generar gráfica de temperatura o RC.

Otra ausencia parcial y la presencia de otro individuo se puede apreciar en la muestra 8. Aquí se visualiza una alta variabilidad del RC en un corto periodo de tiempo y se aprecian dos zonas de movilidad (H, I). El paciente reporta que en ocasiones su esposa o su hija se sientan a platicar con él en un sofá. Es probable que haya recibido visita y luego salido de la habitación.



## Conjunto de muestras 3 ADL-Temperatura-RC (Paciente 3 P3)





### *Resultados de la encuesta UX aplicada a pacientes*

Una vez terminado el proceso de monitoreo, se aplicó la encuesta al paciente, al familiar o cuidador y al médico o tratante (ver pag.137). La intención de este interrogatorio era para conocer la UX de los usuarios. Se busca identificar la aceptación del uso de la tecnología para el monitoreo en los adultos mayores.

Las respuestas de los pacientes (Anexo C) nos permitieron identificar la aceptación del sistema y el aspecto ergonómico del brazalete y la facilidad de uso del mismo. Los pacientes aceptaron de buena gana la aplicación del mismo y no mostraron miedo o alguna duda sobre el uso del mismo. Se presentó unanimidad en el parecer del sistema y todos refieren beneficio al aplicar el monitoreo en su ADL. En general se piensa que es una buena idea y que puede ayudarlos en su bienestar.

De la misma forma les pareció buena la idea de que el paciente avise a los familiares en caso de una emergencia o lecturas que estén en el rango de alerta (alta temperatura, RC o alteraciones en el ADL). Lo que resulta interesante es saber que todos prefieren que se avise a los familiares y no al médico o tratante.

Los familiares de los pacientes aceptaron bien la propuesta. Al ver que el sistema es poco invasivo y no hay que hacer instalaciones especiales y se puede colocar, prácticamente, en cualquier lugar de la casa habitación, mejora la aceptación de la misma y normalmente ni se percatan de la presencia del mismo hasta que lo se les indica dónde fue colocado y cómo.

La aceptación de la colocación y monitoreo a sus familiares también fue como se esperaba. Ya que, aunque hubiese alguna duda al inicio, al ver que no requerían conocimientos especiales o estar atentos del funcionamiento del sistema, los familiares refirieron mayor gusto y aceptación a la propuesta.

Con respecto a la seguridad, al ver los resultados de las imágenes captadas de las ADL, refieren los familiares un agrado, pues claramente ven que no se ve invasión alguna a su privacidad y los resultados pueden ser interpretados, incluso, por los mismos familiares.

El único asunto que se convierte en área de oportunidad es la duración, recarga y cambio de la batería. Esto es debido a la duración de sólo 12 horas, a la “dificultad” de colocación e incluso la visualización del funcionamiento del brazalete.

## **Reporte del caso**

### ***El caso o el problema***

Se llevó a cabo la aplicación del sistema MAMD a pacientes adultos mayores. Se buscó verificar el funcionamiento del sistema mediante la colocación del módulo 1 en la habitación en donde pasa la mayor cantidad de tiempo el paciente y el módulo 2 o brazalete en el paciente el mayor tiempo posible. El objetivo era llevar a cabo el monitoreo por lo menos dos semanas continuas, para que el sistema tuviese la posibilidad de “aprender” el ADL del paciente y así poder comparar el patrón de conducta del mismo.

La aplicación del MAMD también nos permitió conocer la UX de los diferentes usuarios implicados en el sistema. El paciente, el familiar o cuidador y el médico o tratante. Se recopilaron los datos necesarios y los puntos de vista de los antes mencionados.

El problema era la aceptación de los diferentes usuarios a la aplicación de un sistema de MAMD. Conocer si resultó ser lo que esperaban del sistema, si en algún momento usarían el sistema para su vida cotidiana y la viabilidad de aplicarlo.

### ***Consideraciones para elaborar el caso***

Se consideró cumplir con el protocolo médico desarrollado para este estudio (Anexo B). La selección de pacientes no se pudo llevar a cabo con la anuencia del médico o psicólogo debido a la falta de voluntarios para llevar a cabo la prueba. Sin embargo, se buscó que cumplieran las condiciones establecidas en el protocolo antes mencionado.

### ***Resultados***

Los resultados nos dan una clara idea del funcionamiento del sistema. Los beneficios que implica el uso del sistema pueden ser importantes y dar tranquilidad a los pacientes: por el hecho de saberse vigilados y cuidados; a los familiares, para tener cierto nivel de tranquilidad.

Estos mismos dan la pauta al autor para continuar con el estudio y aplicar los conocimientos generados en áreas de oportunidad del mismo sistema y en problemáticas subyacentes que pueden servir para nuevos retos.

### ***Retos y cómo se enfrentaron***

En este caso se presentaron muchos retos y bastante complicados. Estos retrasaron el avance y obligaron a la toma de decisiones para la culminación del estudio. En primer lugar, estuvo la imposibilidad de continuar trabajando con el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) por no contar con un convenio que amparara el trabajo clínico con pacientes. De la misma forma, fue difícil conseguir los permisos por parte del mismo INR, por cuestiones de ética y secrecía del tratamiento y padecimiento de los pacientes. Por otra parte la posibilidad de rechazo por parte de los familiares y en algunos casos los pacientes.



Es por esto que se tuvo que recurrir a pacientes externos al INR. Ubicar adultos mayores con la disposición a llevar a cabo este estudio y de la misma forma, contar con el permiso de los familiares del paciente.

Una vez conseguido el adulto mayor, debería cumplir ciertas características como la movilidad, el estado de salud (se requería un estado “bueno” de salud), el tratamiento médico que llevan y la revisión por parte del psicólogo para determinar su estado de depresión.

El diagnóstico del estado de depresión del paciente: no se puede hacer de la misma forma en la que se hace un diagnóstico común de alguna enfermedad o estado de salud. Se puede iniciar con una de las pruebas, sin embargo, debe estar acompañado de una observación cotidiana de las actitudes, expresiones y ADL del paciente. Por esta razón, se determinó asumir que todos los pacientes sujetos de estudio permanecen en un estado depresivo normal o común, acorde a su condición de adultos mayores.

Por último, la instalación del sistema en el entorno del paciente no resultó un reto en sí. Pero el cambio de batería del brazalete y su carga, requirió de un proceso de enseñanza para el familiar o cuidador. Aunque la batería funciona para más de doce horas, había que cambiarla y eso preocupaba o incomodaba a los familiares. En una ocasión, el autor tuvo que hacer este cambio cada día, y aunque no hubo queja alguna, se asume un poco de incomodidad para los usuarios.

### ***Implicaciones relevantes para el campo de estudio***

El diseñar sistemas para adultos mayores implica la integración de otros usuarios. Es común que se piense en diseñar objetos o sistemas para adultos mayores, considerando sus capacidades, padecimientos y hasta situación económica-social. Sin embargo, es muy común que los adultos mayores, al menos en México, vivan en constante contacto con sus familiares, e incluso sean los que los cuidan. Por ello, resulta importante visualizar a los familiares o cuidadores en el proceso de diseño de objetos o sistemas dirigidos al uso o aplicación en adultos mayores.

Por otra parte, el trabajo interdisciplinar y transdisciplinar requiere mucho cuidado, ya que los diferentes puntos de vista de los expertos, bien llevados a cabo, resultan en desarrollos enriquecidos y potenciados para mejores propuestas.

### ***Lección aprendida con el caso***

La experiencia de usuario resulta importante para cualquier propuesta de diseño. En este caso se aprendió que la aceptación tecnológica por parte de los pacientes adultos mayores fue mejor de lo esperado. Es probable que, aunque muchos adultos mayores no tienen contacto con las nuevas tecnologías, cada vez permean más y asumen el beneficio que puede conllevar la correcta aplicación de las mismas.

Un aspecto relevante es la dificultad que puede representar el cambio de baterías para un adulto mayor, sobre todo si este se encuentra sólo o presenta dificultades de movimiento o similares (uno de los pacientes presentaba artritis aguda). El módulo dos o brazalete no presenta algún indicador y el switch de encendido está dentro del compartimiento de la batería. Existe un área de oportunidad para futuras investigaciones o desarrollos al hacer una propuesta que permita cargar la batería sin tener que extraerla, colocar el apagador al exterior y colocar algún indicador de que el brazalete está en funcionamiento o apagado. De la misma forma una ampliación en las capacidades de monitoreo para pacientes con diferentes padecimientos a la depresión.

Las generaciones más actuales, los migrantes tecnológicos, son los que tienden a presentar más renuencia al uso de las nuevas tecnologías, sobre todo si van a aplicarse a sus parientes adultos mayores. Esto puede ser a la errónea idea de que puede costar más trabajo que los Adultos mayores acepten y usen las nuevas tecnologías.

# **CONCLUSIONES**

# CONCLUSIONES

## Conclusiones al Objetivo y Metodología del Estudio

El IoT ha sobrepasado las expectativas de interconexión entre usuarios, entre objetos y entre objetos y personas. De esta manera se puede asegurar el cumplimiento del objetivo original planteado: “explorar la aplicación del Internet de las cosas en el monitoreo de adultos mayores con depresión por medio de biomarcadores y patrones de conducta en la actividad diaria para prevenir un evento de depresión mayor”.

En primer lugar, la exploración del paradigma del IoT se ve reflejada en el capítulo II, en donde se describe ampliamente el fenómeno con sus variantes y subtemas inmersos en el mismo, como es la Conciencia del Contexto, la revisión del término e-Health y lo relativo a la Depresión en Adultos Mayores, sus síntomas, su diagnóstico e información relativa.

Se llevó a cabo el acercamiento al hardware y software para poder desarrollar el prototipo y finalmente llevarlo a la práctica con pacientes reales. A este respecto se fueron encontrando nuevos elementos que debieron ser incluidos en la investigación (tales como el concepto de biomarcadores, conocimientos fisiológicos como la temperatura y ritmo cardíaco, etc.), estos enriquecieron el proceso de creación del prototipo.

Con respecto a la metodología de estudio, se llevó a cabo una investigación, inicialmente teórica-exploratoria para construir el marco teórico. La segunda etapa fue una investigación empírica. Esto llevó a la construcción de tres casos de estudio. El primero, para tener un acercamiento de la aplicación de hardware y software libre o abierto para poder llevar a cabo el monitoreo a adultos mayores depresivos. Generando la construcción de un incipiente primer prototipo. El segundo caso, se deriva del primero y nos permitió la creación del segundo prototipo, un sistema más robusto que se probó en laboratorio y con una persona. El último caso fue la aplicación del sistema a pacientes Adultos mayores con estado depresivo.

Los límites de la investigación cada vez fueron creciendo más, ya que al tener conocimiento de diferentes temas como lo es la depresión, fueron restringiendo cada vez más situaciones, como la selección de los pacientes, el hardware utilizado, los recursos y hasta el tiempo. En lo personal esta situación de los límites se deberá de marcar y fortalecer desde un principio a los doctorantes, para así lograr concretar los objetivos en el menor tiempo posible y no caer en vacíos que sólo llevan a fracasos causados por la fragilidad o inexistencia de los límites.

Con respecto a la proposición de la investigación se puede decir que el supuesto ha sido validado por los pacientes y los familiares. La herramienta para el monitoreo está basada en el paradigma del IoT, cumpliendo en todos los aspectos de interconexión entre objetos y personas. En la búsqueda de mejorar la calidad de vida de los pacientes, tenemos que cada uno de los sujetos en prueba han reportado un estado de satisfacción al sentirse cuidados aun cuando sea por una vía remota. Ninguno de ellos reportó incomodidad alguna y menos aún en la invasión de la privacidad. Los familiares también sintieron que el sistema permitiría reducir la preocupación al poder monitorear a sus familiares por el sitio Web o por un teléfono inteligente.

Es importante mencionar que hubo varios candidatos a ser monitoreados por el sistema; sin embargo, los familiares se mostraron renuentes a instalar el sistema. Algunos casos sugerían una falta de seguridad, posible invasión de la privacidad de los pacientes y hasta miedo a las posibles implicaciones; incluso, aun cuando se les precisó que no tenía costo alguno, pensaron que podría derivar en alguna erogación monetaria en cierto momento.

## **Conclusiones al Marco Teórico**

El marco teórico se construyó a partir de la búsqueda de información, principalmente, en bases de datos digitales. En éstas se recuperaron artículos indexados del tipo científico, con el fin de obtener la información más actualizada y verificada, ya que este tipo de documentos son revisados por expertos antes de ser aceptados y publicados. No obstante, se tuvo que recurrir a libros de fisiología humana, medicina, psicología, para

recabar información más detallada y comúnmente utilizada por los expertos en los temas de salud. También se recurrió a sitios Web especializados, con información verificable y respaldada por grupos de expertos, asociaciones como la APA (*American Psychological Association*) por ejemplo.

Primero se definió el concepto del Internet de las Cosas (IoT), el cual se definió como una tendencia que se ha convertido en un modelo de interconexión entre personas, personas con objetos y objetos con objetos. Se dice también que es el detonante de la cuarta revolución industrial, ya que ha cambiado la forma de crear objetos, producirlos, transportarlos, venderlos, consumirlos y desecharlos. Esta interconectividad nos permite la aplicación de diversos dispositivos para tener conciencia del contexto por medio de la recolección de una enorme cantidad de datos (*Big Data*) que nos permiten analizar y llevar a cabo acciones para la mejora de experiencias o calidad de vida de los usuarios.

En este contexto, los datos a recolectar pueden ser aquellos que nos permitan tener conocimiento del estado de salud de una o muchas personas, dar seguimiento a su estado de salud, tratamiento y entorno, buscando reducir los costos que implican las visitas a los médicos, aplicación de medicinas, seguimiento o máquinas. Este concepto de *e-health*, telemedicina o medicina electrónica, también se ha convertido en un hito de investigación, desarrollo y aplicación de nuevos procedimientos, cuidados, etc. De la misma forma, se pretende mejorar el alcance de la medicina para pacientes de pocos recursos, para la salud pública y pacientes en lugares de acceso remoto o complejo. El IoT permite llevar a cabo este tipo de situaciones y propuestas de desarrollo.

El uso de sensores y cámaras de video permite el reconocimiento de caras, gestos y patrones de movimiento que se reflejan en conductas. Estos gestos, al ser reconocidos por un sistema, pueden convertirse en instrucciones o comandos de un software y desencadenar una acción o conjunto de acciones. Actualmente existen diferentes medios para hacer el reconocimiento y a su vez diferentes aplicaciones para llevarlo a cabo. Básicamente se dividen por el tipo de reconocimiento y por su tipo de licencia: libre o de paga.

Con respecto a la experiencia de usuario podemos concluir que es un aspecto primordial para el éxito de cualquier diseño. Esta UX debe comprender a los diversos actores que intervienen en el proceso que lleva a cabo el objeto, sistema o servicio. Bajo este principio, el sistema MAMD fue desarrollado pensando en los tres tipos de usuarios básicos: el paciente, el familiar y el médico.

Para el paciente, el sistema se presentó tan transparente que no se tenía que preocupar por encenderlo, apagarlo o revisar si estaba en funcionamiento. De la misma manera, la colocación del brazalete no requiere de capacidades o habilidades específicas y en ningún momento resultó estorboso, molesto o que causara algún daño. Para el familiar, requirió el aprendizaje de la colocación de pilas para el brazalete. Pero para el módulo de seguimiento de ADL, no requiere más que seguir sencillas instrucciones para su conexión y colocación. Por último, el médico actual, que ya está acostumbrado al uso de teléfonos inteligentes o computadoras, requeriría sólo el aprendizaje para la interpretación del mapa de ADL. Este aprendizaje puede equipararse (aunque en un muy bajo nivel de complejidad) al aprendizaje requerido para la interpretación simple de una radiografía, tomografía y hasta termografía.

Con respecto a los adultos mayores, encontramos diferentes aspectos importantes. El primero es que la población mexicana, al igual que la de varios países latinoamericanos y europeos, se encuentra en un proceso de envejecimiento que puede alcanzar el 7% de la población según la OCDE (Lafortune, *et.al.*, 2007). Esto quiere decir que cada vez habrá mayor cantidad de adultos mayores que jóvenes. Lo relevante de esta situación es que, entre mayor cantidad de adultos mayores dependientes de familiares o del sistema público haya, se va mermando el aspecto económico público y privado, además del desarrollo social. En la actualidad se ha dividido a la edad adulta en: adultos mayores jóvenes, adultos mayores y adultos mayores-mayores, esto es debido a que, de acuerdo a las necesidades económicas y sociales, los adultos mayores han tenido que dejar el “retiro” cada vez más lejano y seguir siendo productivos o valerse por ellos mismos hasta que pierden la capacidad de mantener su ADL por ellos mismos.

Esta situación representa una oportunidad para que los diseñadores trabajen y desarrollen objetos o servicios que permitan mejorar la calidad de vida de los adultos mayores, en especial para aquellos que pierden capacidades para valerse por sí mismos. Esta misma problemática nos permite trabajar con disciplinas como la geriatría, terapia ocupacional, psicología, psiquiatría, electrónica, mecánica, etc.

Por último, se presenta la enfermedad de la depresión. Este es un padecimiento que afecta a millones de personas y cada vez va tomando mayor relevancia, ya que su comorbilidad ha demostrado afecciones en todos los rangos de edad, género, nivel económico, político y social. La subjetividad de su detección, diagnóstico y hasta tratamiento, permite la posibilidad de investigación en muchos campos de la ciencia y queda un espacio amplio para el diseño.

Es común pensar en que los adultos mayores sólo sufren enfermedades fisiológicas derivadas de la degeneración natural por la edad. Sin embargo, muchas de éstas están relacionadas con estados emocionales, específicamente la depresión. Hay mucha investigación respecto a la depresión en adultos mayores: las causas, los efectos: no obstante, hay poco consenso en el diagnóstico, los tratamientos y padecimientos. Esta falta de asentimientos lleva a falsas creencias, malos diagnósticos y tratamientos.

Otra área de oportunidad para investigadores (no necesariamente diseñadores) es la relación que pueden tener los diversos biomarcadores que se han instaurado para determinar la salud de las personas. Esto es, elementos como la temperatura del cuerpo o de la piel, el RC, el oxígeno en la sangre, la presión arterial, etc. han sido utilizados para determinar padecimientos o enfermedades, todas desde el punto de vista fisiológico. Sin embargo, existe poca investigación con resultados inequívocos o confirmados, que puedan llevar a determinar un estado de depresión.

Actualmente se lleva a cabo el diagnóstico de la depresión por medio de encuestas y observaciones de comportamientos. Este estudio explora una aproximación para la posibilidad de identificar estados depresivos por medio de biomarcadores, aunque hay



muy pocos estudios que logren determinar una relación directa del RC o la temperatura con la depresión y los estudios existentes no son concluyentes a entera comprobación. Las propuestas existentes, en la mayoría de los casos, los biomarcadores son recolectados o medidos por medios invasivos, en la propuesta realizada se busca ser lo menos invasivo y lo más transparente para cada uno de los usuarios.

Trabajar con adultos mayores para diseñar objetos, bienes o servicios es una problemática que debería retomarse ampliamente por el diseñador industrial. Desde el punto de vista del paciente, del familiar y hasta el médico o tratante.

## **Conclusiones al Estudio Empírico**

El estudio empírico se llevó a cabo aplicando la metodología de Caso de Estudio. Esto permitió hacer aproximaciones a diferentes aspectos como lo fue el conocimiento de los recursos tecnológicos (hardware y software), el desempeño del sistema, sus aciertos, errores y carencias y, por último, la aplicación con usuarios o pacientes reales.

Los casos de estudio se llevaron de acuerdo a la propuesta hecha por la “*Search for common ground*”, UKAID y el “*United States Institute of Peace*”. Esta propuesta explica muy bien qué es, para qué sirve, quién debe involucrarse, ventajas y desventajas y quién debe aplicarlo. Además, requiere la aplicación de sencillos pasos como lo es: Identificación de la situación, diseño del caso de estudio, Conducción del estudio, Análisis de resultados, Reporte del caso e Implicaciones relevantes para el campo de estudio.

Se aplicaron tres casos de estudio, en el primero se definieron los requerimientos de hardware y software para la construcción de un primer prototipo. De los resultados del primer caso se construyó un segundo prototipo que dio la pauta para la aplicación del segundo caso de estudio. De las observaciones y pruebas del segundo caso y prototipo, se dio paso a la aplicación del sistema para la construcción del tercer y último caso de estudio. Este se caracteriza por la aplicación, uso y análisis del sistema con pacientes reales.

La simplicidad de esta metodología permite la aproximación multidisciplinar y, para disciplinas que no tiene la costumbre de redactar los resultados de investigación, resulta un apoyo al llevarse a cabo sin la rigidez de un escrito científico y permitiendo la fluidez del escrito como si fuese un diálogo que describe el elemento objeto de estudio.

## **Conclusiones generales**

Con respecto a este estudio, se puede concluir que cumplió su objetivo. El marco teórico dio la pauta para elaborar el estado del arte y realizar el correcto planteamiento del problema, objetivos y metas. El acercamiento por medio de la recopilación de información, inicialmente con bases de datos científicas de artículos publicados e indexados, permiten obtener información de primera mano y muy actualizada.

Sin embargo, la información obtenida no fue suficiente, ya que fue necesario recurrir a bibliografía especializada como libros de Fisiología Humana, Psicología, etc. También, se consultó información fidedigna y actualizada en diversos sitios Web especializados como el de la APA (*American Psychological Association*), asociaciones médicas, el INEGI, la OECD, etc.

De la misma forma, este trabajo enfatiza la importancia de recurrir a expertos. La comunicación con psicólogo, médico geriatra, expertos en programación y experto en el IoT, además de la asesoría del tutor, dan una guía para no caer en búsquedas innecesarias de información que podrían derivar en la desviación de la temática y así retardar la conclusión de la investigación por confusiones.

Con respecto al estudio empírico, se puede concluir que el proceso seguido fue el adecuado, ya que esta forma de desarrollo de la investigación permitió conocer cada una de las partes del sistema de monitoreo para poder conjuntarlas y dar una propuesta integral en diferentes disciplinas: diseño, geriatría, psicología, economía familiar, desarrollo social de la familia, etc. Además, la publicación de artículos científicos en foros de difusión en disciplinas fuera de. diseño (como salud mental y telemedicina) demuestran la aceptación y éxito de la propuesta.

El desarrollo del sistema MAMD basado en tecnología del tipo *open hardware* y *software*, permiten la visualización de una solución que puede llegar a ser implementada en el sector público y privado. Al permitir la reproducción del sistema bajo la licencia de *Creative Commons* y la búsqueda de beneficio económico y social, cumple con las propuestas de desarrollo del IoT. Sin necesidad de pagar licencias, derechos y homogenización de protocolos de comunicación.

De la misma manera, la implementación del sistema permitirá una reducción de costos para la familia del paciente o del paciente mismo, para el sector salud. Esto se da por la facilidad del monitoreo a distancia, permitiendo a los familiares y/o médico tratante dar seguimiento del ADL, RC y temperatura, que podría ayudar a identificar posibles afecciones reflejadas en la alta temperatura, cambio de VRC y hasta cambios del estado de ánimo por la variación del patrón de movimientos. La reducción de la necesidad de hacer visitas a las instalaciones de los médicos implica una disminución de los costos de transporte, más aprovechamiento del tiempo empleado por familiares o cuidadores y hasta reducción de cargas de estrés por salir de su casa o lugar de residencia.

Al ser un Sistema MAMD no invasivo, el paciente se siente cómodo en su uso y no le impide desarrollar otras actividades mientras es monitoreado. Los familiares mostraron la misma aceptación y no reportaron sentimiento de invasión de la privacidad o grandes dificultades para el uso y seguimiento del sistema. En el futuro deberían hacerse más pruebas con usuarios y contar con el apoyo médico correspondiente. Desafortunadamente, en este trabajo los mecanismos de colaboración bajo los que se rigen algunos institutos de salud son demasiado complejos y pueden llegar a retrasar el trabajo de investigación.

Es evidente que el sistema podría ser mejorado y que se requiere mucha más investigación. Ésta puede desarrollarse en proyectos futuros para tesis de maestría o doctorado. Así pues, en este estudio se plantean diferentes pautas a seguir para que las propuestas no comiencen de la nada. Se sugiere el establecimiento de vínculos de trabajo más formal con instituciones como el Instituto Nacional de Rehabilitación (Iner)

Instituto Nacional de Geriátría (INGER), el Instituto Nacional de Psiquiatría (INPRF) y hasta el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía (INNN).

Las mejoras propuestas podrían ser resultado de la investigación de materiales piezoeléctricos, que son compuestos capaces de generar electricidad por medio de movimiento o presión. Estos podrían, con el movimiento propio del cuerpo humano, generar la electricidad necesaria para el funcionamiento del sistema o por lo menos el módulo 1. De la misma forma la incorporación de un inclinómetro o acelerómetro permitiría detectar caídas o falta de movimiento sin necesidad de uso de la cámara Web.

Desde otro punto de vista, la propuesta del sistema puede derivar en un modelo de negocio que se puede ofrecer a empresas dedicadas al cuidado de adultos mayores, a sistemas de salud públicos y en un futuro hasta ampliar el servicio a personas con Alzheimer, deficiencias mentales y con capacidades diferentes.

# **ANEXOS**

## ANEXOS

### Anexo A: Comentarios de expertos.

6. **Pregunta 2:** ¿La aplicación y uso de la tecnología de sensores es una alternativa para el tratamiento de la salud mental?

- "Not clear how the sensor technology will be used, especially in treatment"
- "it is an adjunct not an alternative"
- "Sensors cannot replace the treatment procedures for mental health problems, they can only collect data that make it easier to take intervention decisions, and perhaps provide mechanised tools for implementing those decisions".
- "trabajo paralelo tecnologia-personal medico"
- "En caso de depresión, ayuda mucho el contacto humano. Si dejas pura tecnología puede ayudar sin embargo lo mas rico del tratamiento es la relación que se crea, el sentirse escuchado, importantes, y lo mas importante acompañado por alguien. Hoy todo se lleva a la tecnología y por ella se deja la parte humana y eso lleva a mas depresión, sentimiento de soledad. Como atacar algo con una herramienta que es la misma creadora de la enfermedad" [sic]
- "In addition to current treatment paradigms"

7. **Pregunta 3:** ¿Podrán los sistemas actuales de video y reconocimiento de gestos ayudar en la detección de conductas que indiquen un estado de ánimo depresivo?

- "Si, pero la evolución e interacción con aparatos eléctricos, movimiento en la casa es limitado porque no es posible explicar, en este momento, como interpretar los datos. Una mejor explicación seria con evaluación objetiva, como es el caso de Electrodermal response (EDR), variación cardiaca, inclusive temperatura corporal para detectar estados anímicos además del comportamiento basado en interacción con aparatos eléctricos, actividad física, etc. El estado de animo de las personas se ve influenciado por la calidad del sueño, el cual puede ser afectado por el "*sleep hygiene*" que es modificado por ruido, luz, temperatura, etc. Inclusive en personas sufrientes de estrés

protraumatico se ha visto que el estado anímico se ve beneficiado cuando se mejora el ambiente donde ellos duermen. Típicamente, la calidad de sueño y el *sleep hygiene* se ha medido mediante mediciones subjetivas basadas en cuestionarios, pero se ha dado una mejor medición y detección cuando se valida con mediciones objetivas basadas en sensores. El circadian cycle o circadian rhythm está sincronizado con "zeitgebers" tanto sociales como ambientales donde la luz natural en sus ciclos de luz y oscuridad ayuda a sincronizarlo de manera natural, lo cual se ve afectado cuando se viaja a una zona con distinto horario, en personas que trabajan en rotación de turnos. La temperatura corporal, el hear rate y la melatonina pueden ayudar a estimar el circadian cycle, el cual puede estar atrasado o adelantado, lo cual se puede ajustar a través de la exposición a luz artificial de alta intensidad y ajustar el sueño".

- "Extracting information such as depression automatically through computer vision is extremely challenging, and cannot be done automatically at this point. However the process of identification of the state of depression can be aided by computer vision".
- "considerar los costos de implementacion y procesamiento"
- "Using the recognition/detection patterns it could be more deeply developed"

8. **Pregunta 5:** En caso de una detección de estado de depresión en adultos mayores por medio de la tecnología, será importante...

- "Dar aviso al médico / geriatra y también implementar acciones que lo contrarresten"
- "This depends on the capacity of the individual to take action him or herself. Privacy may be a concern"
- "In detecting the state of depression in the elderly, it is important to incorporate input provided by care-givers, family members and other individuals who know about the person's behavior patterns. Automated techniques using sensors etc. may then be used to identify those states and deal with them appropriately".
- "considerar el nivel de depresión"
- "Refer to the scientists/doctors/engineers responsible of the model in order to track potential bugs and set future enhancements of the model".
- "Personal assistance and support"

- “all of the above “
- “Feed back to the individual “

### **Comentarios respuesta hechos por algunos de los autores**

Respuestas: se presentan algunos de los comentarios hechos por los participantes.

Hi, Dear Edwing Almeida,

I just completed the survey on the below link. I think the study of potential treatment for depression and other mental illnesses through IoT is an interesting subject and could have interesting potential. State of the art studies about the related technologies may already exist...

Good luck.

Best regards.

Sofiane Imadali<sup>61</sup>

Dear Edwing Antonio Almeida Calderón,

Glad to hear from you. The letter you mentioned that you proposed a model to assist in the treatment and detection of a state of depression in elderly applying the paradigm of IoT. Theoretically, the idea is feasible, and establish a good question.

In addition, I have answered the survey on your website, completed the five options. (<http://es.surveymonkey.com/s/NX7VGDM>)

Good luck.

Best regards

---

<sup>61</sup> Sofiane Imadali, CEA, LIST, Communicating Systems Laboratory, 91191 Gif-sur-Yvette CEDEX, France; [sofiane.imadali@cea.fr](mailto:sofiane.imadali@cea.fr)



Shusong Mao<sup>62</sup>

Dear Mr. Almeida

I filled your survey. If u need to do other things, we can stay in touch.

Best regards

Mohsen Yaghoubi Suraki<sup>63</sup>

We are sorry, but IoT is not a topic on which we are experts. We can appreciate your research, but we cannot validate whether your ideas are original and your methodology improves the state of the art.

All the best for your research studies

Michele Colajanni<sup>64</sup>.

Estimado MD Edwing Antonio Almeida Calderón

Profesor Investigador.

He atendido ya a su petición.

Espero tenga un excelente día.

Saludos<sup>65</sup>.

---

<sup>62</sup> Mao Shusong, Hubei University of Chinese Medicine Wuhan, China; mss\_812@126.com

<sup>63</sup> Mohsen Yaghoubi Suraki, Department of Computer Engineering Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran; mohsen.yaghoubi.suraki@gmail.com

<sup>64</sup> Francesca Mazzoni, Michele Colajanni, Dipartimento di Ingegneria della Informazione, Università Modena e Reggio Emilia, 41100 Modena, Italy; michele.colajanni@unimore.it

<sup>65</sup> María de los Ángeles Cosío León, Juan Iván Nieto Hipólito; UABC, Facultad de Ingeniería-Ensenada Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada Ensenada, B.C. MEXICO; mary.cosio@gmail.com

**Anexo B: Protocolo Médico para la selección de pacientes candidatos al MAMD. Formato retomado del original del Instituto Nacional de Rehabilitación.**

**Número de registro institucional:**

**Fecha de recepción en la división de investigación:**

**Título del proyecto:**

MONITOREO DE MARCADORES FISIOLÓGICOS Y ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA COMO IDENTIFICADORES DE UN ESTADO DE DEPRESIÓN EN ADULTOS MAYORES: Un estudio exploratorio del uso clínico del internet

**Investigador Responsable:**

Nombre	Edwing Antonio Almeida Calderón
R.F.C	AECE 700818 Q8A
Cargo	
Servicio de adscripción	
División a la cual pertenece	
Extensiones telefónicas	
Dirección electrónica	
Grado máximo de estudios	
Disciplina	
Especialidad	
Pertenece al Sistema Interinstitucional de Investigación	Nivel
Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores	Nivel

**Firma del investigador responsable:** \_\_\_\_\_

**Participante:**

Nombre	Psic. María del Pilar Morales Tlapanco
R.F.C	
Cargo	Jefa del departamento de Psicología
Servicio de adscripción	
División a la cual pertenece	
Extensiones telefónicas	
Dirección electrónica	
Grado máximo de estudios	
Disciplina	
Especialidad	
Pertenece al Sistema Interinstitucional de Investigación	Nivel
Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores	Nivel

**Firma del participante:** \_\_\_\_\_

Tipo de Investigación:

☐

Básica

☒

Clínica

☐

Epidemiológica

☒

Tecnológica

\_\_\_\_\_

## 1.- RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene el objetivo validar la viabilidad del Sistema de Monitoreo Inalámbrico de Episodios de Depresión Mayor para Adultos Mayores.

Se pretende seleccionar una población de adultos mayores (70 en adelante) a quienes se les haya diagnosticado previamente un estado de depresión.

Una vez seleccionados, serán monitoreados con el sistema por un tiempo de 14 días y los resultados serán evaluados por la Dra. Ma. Del Pilar Morales Tlapanco y la Dra. Blanca Jiménez Herrera para así validar si es viable la propuesta o no.

La viabilidad de este sistema evitaría que, con una detección temprana, los episodios depresivos agudizaran el cuadro depresivo. Esto traería muchos beneficios, ya que permitiría a los familiares conocer el estado de su paciente, y de la misma manera permitiría al médico tratante verificar remotamente el estado del paciente y recibir alertas en caso de condiciones fuera de lo normal.

## **2.- ANTECEDENTES**

El Internet de las Cosas (IoT) y la Computación Penetrante o Ubicua son conceptos relativamente nuevos los cuales pretenden fundamentar la siguiente generación del Internet y la computación, proveyendo interconectividad entre personas, entre objetos, y entre objetos y persona.

Este término fue inicialmente propuesto por Kevin Ashton en 1999 (Rob van Kranenburg et al., 2007) del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en investigaciones concernientes a la identificación por radio frecuencia (RFID) y tecnologías emergentes de sensores (Zhikui Chen et al., 2011) y en su momento fue denominada una “Tecnología Disruptiva”, término que Clayton Christensen introdujo en 1995 (Sundmaeker & Saint-exupéry, 2010).

El IoT, por una parte, busca mezclar la información física generada por los usuarios en el día a día de sus actividades y la información generada por objetos como pueden ser sensores o elementos de identificación. Este proceso puede hacerse de manera aislada con una red local o, en el mejor de los casos, mediante el uso de una conexión a la Internet.

Es por esto que los alcances de aplicación son muy amplios y variados, pudiendo observarse aplicaciones en la industria manufacturera, seguridad, administración, educación y, uno de los más estudiados, la salud.

A ese respecto, el concepto de *e-Health* pretende vincular el tema de la salud, ya sea preventiva o correctiva, con el aspecto de la computación y la electrónica. Esto puede ser mediante la generación de instrumentos que permitan monitorear pacientes, así como instrumentos que permitan llevar acciones correctivas, como es el caso de una cirugía a distancia o la colaboración entre especialistas de diferentes localidades en un caso. El IoT provee soluciones y soporte técnico para el cuidado de la salud, pero además, ayuda a solucionar problemas desde la raíz recolectando y procesando información médica remota (Luo et al., 2009).

Cabe mencionar que el término ha sufrido variaciones que pretenden especificar más el área de oportunidad, como es el caso del *m-Health*. Este pretende hacer lo mismo que el *e-Health*, pero utilizando dispositivos móviles como *smartphones* o tabletas electrónicas o, en su caso, el *i-Health* con el uso de iPhone® o iPod®.

La combinación del IoT y el *e-Health* han permitido establecer una nueva posición en el tratamiento y/o monitorización de padecimientos, ya que diversas acciones permiten llevarse a cabo mediante la recolección de datos, como los

La población en México se enfrenta a un proceso de envejecimiento demográfico. Se proyecta que la cifra de 3.1 millones de personas con edades de 65 y más en 1990 (3.7% de la población), sea de 15.2 millones (11.7%) para 2030. Este proceso natural conlleva el aspecto de la salud y principalmente en el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas e incapacitantes (Yáñez-luis et al., 2009), entre ellas está la depresión.

Sin embargo, no se da la incorporación de estos conceptos en la detección y tratamiento de la depresión, considerándose la utilización de medios como el Internet, la recopilación de información por medio de sensores (temperatura, presión, humedad, luz, etc.), del

reconocimiento gestual y, de igual manera, de actuadores (motores, luces, reproductores de música, etc.) que pueden coadyuvar al tratamiento o prevención del padecimiento.

Por lo anterior, esta investigación pretende determinar un modelo para el diseño de artefactos que coadyuven a la detección y tratamiento del estado de depresión, aplicando el paradigma del IoT, en los adultos mayores.

“La depresión es una enfermedad mental marcada por sentimientos de tristeza profunda y ausencia de interés en las actividades. La depresión no es lo mismo que la tristeza. Es un estado de ánimo persistentemente depresivo que afecta la capacidad de funcionar y de apreciar los aspectos de la vida. Puede provocar una amplia cantidad de síntomas, tanto físicos como emocionales. Puede durar semanas, meses o años. Las personas con depresión raramente se recuperan sin tratamiento” (Amy Scholten, 2013).

### **3.- JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio se lleva a cabo para validar la viabilidad de un sistema propuesto para detectar episodios de depresión en adultos mayores. Se lleva a cabo bajo el marco de estudios de posgrado del Mtro. Edwing Antonio Almeida Calderón con el fin de obtener el grado de Doctor en Diseño.

Por otra parte, según cifras nacionales e internacionales de adultos mayores, muestran que la expectativa de vida de los individuos ha crecido, de tal manera que los adultos mayores ahora se dividen en tres etapas: adultos mayores jóvenes, adultos mayores y adultos mayores grandes.

De la misma manera, se puede identificar que una amplia cantidad de pacientes adultos mayores permanecen una gran parte del día en sus domicilios y solos. Estos pacientes sufren síntomas de depresión y desarrollan riesgos sanitarios secundarios como la reducción de la calidad de vida y hasta el suicidio.

Los trastornos de depresión en el paciente adulto mayor, combinados con los problemas de salud física, los exponen a estados emocionales potencialmente riesgosos, de ansiedad y angustia, que deben ser resueltos en situaciones de soledad. Una forma de adquirir información permanente sobre el trastorno de depresión del adulto mayor puede ser a través del monitoreo inalámbrico de los marcadores fisiológicos de la depresión y el comportamiento de las actividades de la vida diaria.

#### **4.- PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema se centra en la dificultad de identificar cuándo un paciente, previamente diagnosticado con depresión, entra en una crisis de depresión. Esto puede ser ocasionado por que vive solo o pasa mucho tiempo solo, no hay comunicación continua con el médico y/o el familiar y se presenta una dificultad en la identificación de los marcadores fisiológicos de la depresión.

#### **5.- HIPÓTESIS**

Si se logra monitorear a los adultos mayores con un estado de depresión previamente diagnosticado, mediante el patrón de comportamiento, la frecuencia cardíaca y la temperatura para identificar cuadros de depresión mayor, entonces se lograrán reducir los costos de uso de infraestructura, tiempo de los médicos o familiares y mejorará la rehabilitación del paciente.

HI. El monitoreo remoto de los marcadores fisiológicos de la depresión permitirá un mejor manejo clínico integral del paciente adulto mayor con depresión que se mantiene solo en su domicilio durante los horarios laborales de la familia.

Ho. El monitoreo de los marcadores fisiológicos de la depresión no impactará el manejo clínico integral del paciente adulto mayor con depresión que se mantiene solo en su domicilio durante los horarios laborales de la familia

#### **6.- OBJETIVO GENERAL**

Probar la viabilidad clínica de un sistema para el monitoreo y detección de la depresión mayor en adultos mayores, por medio de marcadores fisiológicos y patrones de conducta desarrollada en la vida diaria.

## **7.- METODOLOGIA**

### ***7.1.- Diseño del estudio***

Exploratorio no experimental.

### ***7.2.- Descripción del universo de trabajo***

Se tendrá un grupo piloto con sujetos adultos mayores de 70 o más años, sin depresión y se tendrá un grupo de estudio con pacientes adultos mayores de 70 años o más con un diagnóstico previo de depresión.

### ***7.3.- Criterios de inclusión***

Para el grupo piloto, adultos mayores de 70 años o más, clínicamente sanos. Para el grupo de estudio serán adultos mayores de 70 años o más con un diagnóstico previo de depresión.

Disposición de 2 semanas de estudio. los grupos deberán ser apareados.

Diagnóstico clínico: casos profundos de depresión mayor.

### ***7.4.- Criterios de eliminación***

Pacientes que desertan del tratamiento, fallecimiento, complicaciones de salud y negativa por parte de los familiares.

### ***7.5.-Criterios de exclusión***

Pacientes con cardiopatías, que tomen medicamentos que *alteren los marcadores biológicos (POR DEFINIR POR GERIATRA)*.

### ***7.6.- Tamaño de muestra***



3 por grupo.

#### ***7.7.- Descripción de las variables de estudio y sus escalas de medición***

Marcadores fisiológicos: Variabilidad del Ritmo cardiaco (60 ppm o menos). Temperatura de la piel.

Variable conductual: patrón de movimiento (ADL).

#### ***7.8.- Análisis estadístico propuesto***

El análisis se llevará a cabo de acuerdo a la metodología de estudio de caso, en donde los expertos definirán la variación de la información.

#### ***7.9.- Anexos relacionados con formatos de recolección de datos, etc.***

### **8.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

### **9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## ANEXO C: Respuestas al cuestionario de UX

### a. Experiencia de usuario: Sra. Alejandrina Guzmán (P1)

i. En general ¿qué le parece el sistema?

Es un buen sistema para nosotros, darse cuenta de cómo funciona, yo digo que está bien.

ii. ¿Cree que el sistema pueda ayudar a dar seguimiento de su salud?

A mi salud probablemente no, pues tengo una enfermedad crónica que difícilmente pueda mejorar, pero si para conocer mie estado de salud.

iii. ¿Considera importante que el sistema les avise a sus familiares en caso de emergencia?

Si, yo digo que si, es benéfico.

iv. ¿Prefiere que el sistema avise a sus familiares, al médico o a ambos?

A familiares.

v. ¿Fue molesto el portar un brazalete durante el día?

No.

vi. Aun cuando la cámara no graba imágenes ¿cree que es invadida su privacidad?

vii. No.

viii. ¿Hay algo que le cambiaría al sistema?

No, yo digo que está perfecto.

ix. Lo considera...

1. Fácil de usar. XXX

2. Normal de usar.

3. Difícil de usar.

x. Lo considera...

1. Cómodo.

2. Incómodo.

3. Ninguna de los dos. XXX

xi. ¿Le causó alguna molestia el portar el brazalete?

Ninguna

No sentí el cambio, ni molestia, hice mi vida normal, La verdad ni me acordé que lo traía puesto.

**b. Experiencia de usuario: Familiares**

- i. ¿Es útil el sistema? ¿por qué?
- ii. ¿El sistema le ayudó a dejar con confianza a su familiar?
- iii. El hecho de que el sistema le envíe una alerta en caso de que su familiar tenga alguna emergencia, le parece:
  - 1. Importante.
  - 2. Molesto.
  - 3. Me da igual.
- iv. ¿Considera importante que el sistema lo pueda visualizar el médico de su familiar?
- v. Colocar el sistema es...
  - 1. Complicado.
  - 2. Fácil.
  - 3. Normal.
- vi. ¿Qué función le añadiría al Sistema?
- vii. ¿Le ayudó el sitio Web para visualizar el estado de Saludo de su familiar?
- viii. ¿Usted cree que el sistema resultó cómodo para su familiar?
- ix. ¿Le preocupa la información que recopila el sistema?
- x. Si el sistema de salud le brindara este servicio para su familiar...
  - 1. Lo usaría sin pensarlo.
  - 2. Tendría mis reservas.
  - 3. Depende de mí familiar.

**a. Experiencia de usuario: pacientes Sr. Mario Ignacio Sandoval y Arce (P2)**

- i. En general ¿qué le parece el sistema?

Muy bueno, se debería implantar en todos desde la 4<sup>a</sup>. Edad, o desde los 40 años y a quien es necesario un examen, ya que gente le(sic) tiene miedo a los exámenes.

- ii. ¿Cree que el sistema pueda ayudar a dar seguimiento de su salud?

Sí, claro que sí.

- iii. ¿Considera importante que el sistema les avise a sus familiares en caso de emergencia?

Sí.

- iv. ¿Prefiere que el sistema avise a sus familiares, al médico o a ambos?

Ambos.

- v. ¿Fue molesto el portar un brazalete durante el día?

No, de ninguna manera.

- vi. Aun cuando la cámara no graba imágenes ¿cree que es invadida su privacidad?

No, tampoco, al contrario, es mejor que te estén viendo.

- vii. ¿Hay algo que le cambiaría al sistema?

No, está muy actualizado.

- viii. Lo considera...

1. Fácil de usar. XXX
2. Normal de usar.
3. Difícil de usar.

- ix. Lo considera...

1. Cómodo. XXX
2. Incómodo.
3. Ninguna de los dos.

- x. ¿Le causó alguna molestia el portar el brazalete?

No, para nada.

**b. Experiencia de usuario: Familiares**

- i. ¿Es útil el sistema? ¿por qué?  
Claro, ya que puede detectar una falla en el organismo y aliviar situaciones.
- ii. ¿El sistema le ayudó a dejar con confianza a su familiar?  
Sí, lo hizo sentir más cuidado.
- iii. El hecho de que el sistema le envíe una alerta en caso de que su familiar tenga alguna emergencia, le parece:
  - 1. Importante. XXX
  - 2. Molesto.
  - 3. Me da igual.
- iv. ¿Considera importante que el sistema lo pueda visualizar el médico de su familiar?
- v. Sí, increíble, ya que es al momento.
- vi. Colocar el sistema es...
  - 1. Complicado.
  - 2. Fácil. XXX
  - 3. Normal.
- vii. ¿Qué función le añadiría al Sistema?  
Es meticuloso, que el cambio de pila sea fácil o simple.
- viii. ¿Le ayudó el sitio Web para visualizar el estado de salud de su familiar?  
Sólo una vez pude acceder a él por medio de mi correo.
- ix. ¿Usted cree que el sistema resultó cómodo para su familiar?  
Sí, definitivamente, no incomodó nada.
- x. ¿Le preocupa la información que recopila el sistema?  
No, ya que no conozco mucho, con que me dé resultados.
- xi. Si el sistema de salud le brindara este servicio para su familiar...
  - 1. Lo usaría sin pensarlo. XXX
  - 2. Tendría mis reservas.
  - 3. Depende de mí familiar.

**Conclusión:** Es una propuesta muy buena y debería de ponerse a todos los adultos mayores.

**a. Experiencia de usuario: paciente Ing. Oscar Sánchez Aguilera (P3).**

- i. En general ¿qué le parece el sistema?

Me parece muy bien el sistema, ya que ni me di cuenta que lo traía puesto durante el día, hasta me dormí con él.

- ii. ¿Cree que el sistema pueda ayudar a dar seguimiento de su salud?

Si, parece que si.

- iii. ¿Considera importante que el sistema les avise a sus familiares en caso de emergencia?

Si.

- iv. ¿Prefiere que el sistema avise a sus familiares, al médico o a ambos?

Pues mejor a los familiares.

- v. ¿Fue molesto el portar un brazalete durante el día?

No.

- vi. Aun cuando la cámara no graba imágenes ¿cree que es invadida su privacidad?

No.

- vii. ¿Hay algo que le cambiaría al sistema?

No, quizá podría ponerse algo para cargarlo como mi aparato para los oídos.

- viii. Lo considera...

1. Fácil de usar. XXX
2. Normal de usar.
3. Difícil de usar.

- ix. Lo considera...

1. Cómodo. XXX
2. Incómodo.
3. Ninguna de los dos.

- x. ¿Le causó alguna molestia el portar el brazalete?

No, me dormí con él todo el tiempo.

**b. Experiencia de usuario: Familiares**

- i. ¿Es útil el sistema? ¿por qué?

Ay sí, este con esto podría ver cómo está mi papá, ya que luego lo dejamos mucho tiempo solito.

- ii. ¿El sistema le ayudó a dejar con confianza a su familiar?  
Pues yo digo que sí. No pude ver el sitio, pero por que no sabía cómo verlo, pero ahora que lo veo sí..
- iii. El hecho de que el sistema le envíe una alerta en caso de que su familiar tenga alguna emergencia, le parece:
  - 1. Importante. XXX
  - 2. Molesto.
  - 3. Me da igual.
- iv. ¿Considera importante que el sistema lo pueda visualizar el médico de su familiar?  
Pues sí, pero creo que sería más importante que nos lleguen las alertas a nosotros los familiares.
- v. Colocar el sistema es...
  - 1. Complicado.
  - 2. Fácil. XXX
  - 3. Normal.
- vi. ¿Qué función le añadiría al Sistema?  
Pues quizá una batería que durara más, 24 horas por lo menos.
- vii. ¿Le ayudó el sitio Web para visualizar el estado de salud de su familiar?  
Pues si lo puedo ver todo el tiempo, sí. Hasta me gustaría ver las imágenes en vivo, siempre y cuando no sea muy caro.
- viii. ¿Usted cree que el sistema resultó cómodo para su familiar?  
Sí, no se quejó y hasta parece que le gustó.
- ix. ¿Le preocupa la información que recopila el sistema?  
No, no creo que se pueda hacer mal uso. Bueno eso creo.
- x. Si el sistema de salud le brindara este servicio para su familiar...
  - 1. Lo usaría sin pensarlo. XXX
  - 2. Tendría mis reservas.
  - 3. Depende de mí familiar.

**ANEXO D: FICHA MÉDICA** (Propuesta realizada por la Dr. Jiménez, Psic. Morales y el Autor).

Ficha Técnica Monitoreo de Pacientes											
Foto	Nombre:										
	Edad:						Sexo:				
	Teléfono:										
	Celular:										
	e-mail:										
	Dirección:										
	Estado civil:										
	Vive:		solo			familia					
T/A		Temp:			R/C						
Estado de salud:		Bueno			Regular			Malo			
Tratamiento:											
Patología:											
Medicamentos:											
R/C Max:		R/C Mín:		Temp Max		Temp mín:					
Cap. Cognitiva		Normal		Deterioro Leve		Deterioro Severo					
ADL:		Dependiente		Parcial		Independiente					
Actividad:		alta		media		baja		escasa		nula	
Vive con:		Solo		Familiares		No. de familiares:					
Descripción Familia:											
Observaciones:											
Vo. Bo.											



## GLOSARIO

**ANCHO DE BANDA:** Ver *Bandwidth*.

**ARDUINO:** Es una plataforma electrónica del tipo *Open Source*. Basada en el principio Hardware y Software “fácil de usar”

**BANDWIDTH:** Ancho de banda, representa el volumen de sonido, texto, gráficas o video que pueden ser transmitidos por un cable.

**BAUDIO:** Término usado para medir la capacidad de comunicación de un módem, es decir cuántos bits puede recibir por segundo. Por ejemplo, un módem de 1200 bit-por-segundo corre a 300 baudios.

**BIT:** (*Binary Dig IT*) – Un simple número dígito en base 2, en otras palabras, el 1 y 0 juntos. La unidad mínima de información en una computadora.

**BROWSER/ Explorador/ Navegador:** Software que permite maniobrar a través del Internet. Netscape, Mosaic y Explorer son ejemplos de exploradores.

**BYTE:** Grupo de Bits que representan un solo carácter. Normalmente son 8 bits en un byte.

**CHIPSET:** Conjunto de procesadores secundarios intermediario entre el microprocesador y los distintos dispositivos, los hay de 2 tipos: el *Northbridge*, que ayuda al micro en su interrelación con las memorias y la gráfica, y *Southbridge* más cercano a los dispositivos.

**CIBERESPACIO:** Término generado por el autor William Gibson en su novela *Neuromancer*; la palabra ciberespacio, actualmente, es usada para describir a todos los recursos y medios utilizados en la red de computadoras.

**CLUSTER:** El término (del inglés *cluster*, que significa *grupo* o *racimo*) se aplica a los conjuntos o conglomerados de computadoras unidos entre sí normalmente por una red de alta velocidad y que se comportan como si fuesen una única computadora.

**CODEC:** Algoritmo empleado para la compresión de archivos de audio.

**COMORBILIDAD:** La "comorbilidad", también conocida como "morbilidad asociada", es un término utilizado para describir dos o más trastornos o enfermedades que ocurren en la misma persona. Pueden ocurrir al mismo tiempo o uno después del otro. La comorbilidad también implica que hay una interacción entre las dos enfermedades que puede empeorar la evolución de ambas.

**CROWDSOURCING:** Palabra compuesta del inglés: crowd -multitud- sourcing-recursos. colaboración abierta distribuida. Se refiere a la utilización de múltiples herramientas o expertos por medio de Internet.

**DNS:** *Domain Name System*, sistema de nombre de dominio, sistema específico usado para definir nombres a los sitios de Internet y huéspedes.

**DOMAIN NAME:** *Domain Names* (nombres de dominio) permite a usuarios y computadoras ser llamados por un número (IP). Por ejemplo: Juan López tiene un correo identificado por [juanitolop@correo.com](mailto:juanitolop@correo.com) en lugar de 234.223.45.

**DOWNLOAD:** Transferencia de información desde un sitio de la red, bajar de la RED

**DROPPED CONNECTIONS:** También llamados "timing out", es una situación crítica en la que la petición de conexión del usuario es rechazada por saturación del servidor.

**ETHERNET:** Red de área local (LAN) desarrollada por Xerox, Digital e Intel. Es el método de acceso LAN que más se utiliza (seguido por Token Ring). Ethernet es una LAN de medios compartidos. Todos los mensajes se diseminan a todos los nodos en el segmento de red.

**FALSO POSITIVO:** Cuando un dispositivo o sensor registra una lectura o medición errónea causada por diferentes factores.

**GIGA BYTE:** 1024 *Mega bites*.

**GIGA HERTZ:** Mil mega Hertz.

**GPRS:** Servicio general de paquetes vía radio, en inglés: *General Packet Radio Service*. Utilizado por las redes de telefonía celular. Actualmente sustituido por las redes 3G, 4G y pronto la 5G.

**HAPTICS:** Cualquier forma de interacción que involucre el contacto físico, recreando el tacto por medio de vibraciones, aplicación de fuerzas o movimientos al usuario.

**HERTZ:** Unidad de medida de frecuencia. Se utiliza para medir la velocidad del reloj de operaciones de un sistema de computadora, específicamente el procesador central.

**HOME PAGE:** La primera página que ve un usuario de un sitio en el explorador al acceder a la WWW

**HOST:** Huésped, computadora que permite el acceso a Internet o en su caso que alberga páginas y/o correo electrónico.

**HIPERTEXTO:** Generalmente, cualquier texto que contiene ligas a otros documentos: En un documento se pueden seleccionar palabras o frases por el lector y generar un evento con el mismo documento, otro documento o aplicación externa.

**HYPERTEXT LINK:** Texto resaltado en una página que, cuando se hace un "clic" con el mouse, se conecta a otro sitio, página, evento o programa.

**IEEE:** (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Asociación de profesionales norteamericanos que aporta criterios de estandarización de dispositivos eléctricos y electrónicos.

**INFORMÁTICA:** Ciencia que estudia el tratamiento automático y racional de la información, a través de los ordenadores. Este término se refiere a lo mismo que computación, solo que informática tiene origen francés y computación origen inglés.

**INTRANET:** Red privada dentro de una organización o compañía que usa el mismo tipo de software que se puede utilizar en la Internet pública pero para uso interno.

**IP:** *Internet Protocol*, Protocolo de Internet, es el común denominador para la información y el estándar específico para la transferencia de paquetes de datos a través del Internet. Todo medio de RED debe tener una dirección IP única para enviar y recibir datos.

**ISP:** *Internet Service Provider* (Proveedor de servicios de Internet) Una compañía o institución que provee acceso a la Internet, normalmente a cambio de una cuota monetaria.

**JAVA o JavaScript:** Lenguaje de programación para Internet creado por Sun Microsystems, que genera pequeñas aplicaciones que se integran a una página o explorador con el fin de generar mayor interactividad; a éstos normalmente se le denominan Applets.

**KILOBYTE:** Mil Bytes.

**LINK:** (liga o enlace) Referente a un archivo que existe en otro lugar. La página inicial puede estar ligada a motores de búsqueda para permitir encontrarla a navegadores.

**MEGA BITE:** Un millón de *bytes*, técnicamente son 1024 *kilo bites*.

**MEGAHERTZ:** Un millón de Hertz.

**MIDDLEWARE:** Es un software de conectividad que ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento de aplicaciones distribuidas sobre plataformas heterogéneas(rfidpiont, 2013). Algunos documentos describen sistemas middleware destinados a aplicaciones de uso general, mientras que otros asumen paradigmas de programación específicos o se centran en tipos específicos de aplicaciones. Ellos pueden seguir diferentes enfoques para manejar la información contextual y de adaptarse a los cambios. Esta es un área de investigación abierta, y ningún sistema middleware sola parece adecuada para todos los entornos, como se destaca en la encuesta(Barbero et al., 2011).

**MÓDEM:** MOdulador, DEModulador, Elemento para conectar, por medio de una línea telefónica, a la computadora con otras computadoras o a una red.

**MOTOR DE BUSQUEDA:** Ver SEARCH ENGINE.

**NETWORK/ RED:** Cuando existe una conexión entre dos o más computadoras permitiendo compartir recursos, se dice que existe una red de computadoras. A la conexión entre dos o más redes se le llama una Internet.

**OPEN HARDWARE:** O Hardware libre. Se llama hardware libre a los dispositivos de hardware cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago o de forma gratuita. El software libre se refiere a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, y estudiar el mismo, e incluso modificar el software y distribuirlo modificado.

**OPEN SOURCE:** Se entenderá como “Abiertos” (Open) a todo el Software, hardware y elementos relacionados que permiten el libre uso, modificación y distribución. Y el elemento “Persuasivo” (Pervasive) o Penetrante al concepto de Ubicuidad, Inmersivo.

**PÍXEL:** Unidad mínima de medida en pantalla o resolución.

**PIXELADA:** Imagen que se presenta con tan baja resolución que se ven cuadros o píxeles, deteriorando la calidad visual de la misma.

**PÁGINA WEB:** Puede contener texto, gráficas, audio y video en respuesta a la información que requiere el usuario. Una página es más que un simple archivo.

**PLATAFORMA:** Aplicación base de lanzamiento para otros programas o aplicaciones. También se le llama plataforma al sistema operativo que maneja a una computadora o red.

**PLUGIN:** Una parte de software normalmente pequeña que se añade a una parte más grande con el fin de mejorar el desempeño o reparar un mal funcionamiento.

**PROTOCOLO:** Un conjunto de estándares usados para el Internet para asegurar un común denominador para enviar y recibir información.

**RASPBERRY PI:** “Una pequeña y costeable computadora que se puede usar para aprender programación”. Del tamaño de una tarjeta de crédito que se puede conectar a una TV y a un teclado.

**RFID:** *Radio Frequency Identification* o Identificación por Radio Frecuencia. Sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto.

**ROUTER:** o Enrutador, dispositivo que proporciona conectividad entre redes, por medio del envío de paquetes de datos.

**SERVIDOR:** Una computadora, o una aplicación de software, que provee un tipo específico de servicio a un *cliente* de software trabajando en otra computadora. El término puede referirse a una pieza particular del software como el caso del servidor del WWW, o a la máquina en la cual el software está corriendo.

**SITIO, SITIO WEB:** Ver Web site.

**TCP/IP:** *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*, el protocolo guía para la Internet que permite a las computadoras personales, servidores y redes comunicarse con un común denominador a todas las conexiones, aún con diferentes sistemas operativos.

**URL:** *Uniform Resource Locater*. Localización de recursos uniformizada. Una forma de nombrar los recursos o fuentes.

**WEB:** La **World Wide Web**, *la Web* o *WWW*, es un sistema de hipertexto que funciona sobre Internet. Para ver la información se utiliza una aplicación llamada navegador Web para extraer elementos de información (llamados "documentos" o "páginas web") de los servidores Web (o "sitios") y mostrarlos en la pantalla del usuario.

**WEB SITE/ sitio Web:** Una colección de páginas Web. La URL es la dirección de un sitio Web.

**WIRELESS:** Del inglés “sin cables” o “inalámbrico”.

**WiFi:** Conexión inalámbrica de Redes Locales de Área, principalmente bajo los estándares de la IEEE 802.11

**WWW:** *World Wide Web*. Red de amplitud mundial. La parte que más rápido crece y evoluciona de la Internet. Una red de servidores en los que los archivos se ligan por hipertexto, permitiendo al usuario navegar de un sitio Web a otro, haciendo “clic” en las ligas o palabras claves. También se dice que es una colección de documentos electrónicos que pueden contener texto, gráficas, sonido y video.

**Zigbee:** ZigBee Alliance es una asociación abierta, sin fines de lucro, de los miembros que ha creado un próspero ecosistema mundial, el desarrollo de normas que en definitiva ofrecen mayor libertad y flexibilidad para un mundo más inteligente, más sostenible. Sus miembros son empresas, universidades y organismos gubernamentales y funcionan en conjunto con la creación de soluciones inalámbricas para uso en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales. La membresía está abierta a todos. ZigBee es muy adecuado para una amplia gama de control que se utiliza en casi cualquier mercado. La Alianza ha centrado sus esfuerzos de desarrollo de normas en torno a los sectores comercial, residencial, energía, industriales y de consumo. Se ha desarrollado estándares globales para la gestión y la eficiencia energética, el hogar y automatización de edificios, cuidado de la salud y estado físico, telecomunicaciones y electrónica de consumo (Zigbee, 2013).

## BIBLIOGRAFÍA

**2010 International Conference on E-Health Networking**, Digital Ecosystems and Technologies Face Recognition System to enhance E health. (2010), 195–198.

**Aberer, K., Hauswirth, M., & Salehi, A.** (2006). Middleware support for the “Internet of Things” School of Computer and Communication Sciences, (5005).

**Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M., & Suri, J. S.** (2006). Heart rate variability: A review. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 44, 1031–1051. <http://doi.org/10.1007/s11517-006-0119-0>

**AHA and ESC.** (1996). Guidelines Heart rate variability. *European Heart Journal*, 354–381.

**Ahmed, S. M. H., & Alexander, T. C.** (2010). Real-time, Static and Dynamic Hand Gesture Recognition for Human-Computer Interaction. *Journal of Computer Sciences*.

**Albrecht, Alba Md; Herrick, C. M.** (2007). 100 preguntas y respuestas sobre la depresión (2nd ed.). España: EDAF.

**Alcántara, A. F.** (2013). IPv6. Retrieved from <http://www.ipv6.unam.mx/>

**Alexopoulos, G. S., Gunning-dixon, F. M., Latoussakis, V., Kanellopoulos, D., & Murphy, C. F.** (2008). Anterior cingulate dysfunction in geriatric depression, (August 2007), 347–355. <http://doi.org/10.1002/gps>

**Amato, A., Di Martino, B., & Venticinque, S.** (2012). A Semantic Framework for Delivery of Context-Aware Ubiquitous Services in Pervasive Environments. 2012 Fourth International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, 412–419. <http://doi.org/10.1109/iNCoS.2012.111>

**American Psychological Association** (2017), <http://www.apa.org/index.aspx>

**Anagnostopoulos, C. B., Tsounis, A., & Hadjiefthymiades, S.** (2006). Context Awareness in Mobile Computing Environments. *Wireless Personal Communications*, 42(3), 445–464. <http://doi.org/10.1007/s11277-006-9187-6>

**Bai, Y., Ji, H., Han, Q., Huang, J., & Qian, D.** (2007). MidCASE: A Service Oriented Middleware Enabling Context Awareness for Smart Environment. 2007 International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering (MUE'07), 946–951. <http://doi.org/10.1109/MUE.2007.152>

**Bandyopadhyay, D., & Sen, J.** (2011). Internet of Things - Applications and Challenges in Technology and Standardization. Communications, Wireless Personal, 24.

**Bao, R., & Shibata, T.** (2013). A hardware friendly algorithm for action recognition using spatio-temporal motion-field patches. Neurocomputing, 100, 98–106. <http://doi.org/10.1016/j.neucom.2011.12.041>

**Barbero, C., Zovo, P. D., & Gobbi, B.** (2011). A Flexible Context Aware Reasoning Approach for IoT Applications. 2011 IEEE 12th International Conference on Mobile Data Management, 266–275. <http://doi.org/10.1109/MDM.2011.55>

**Barbini, B., Benedetti, F., Colombo, C., & Guglielmo, E.** (1998). Perceived mood and skin body temperature rhythm in depression. Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci, 157–160.

**Barbini, B., Benedetti, F., Colombo, C., Guglielmo, E., Campori, E., & Smeraldi, E.** (1998). Perceived mood and skin body temperature rhythm in depression. European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience, 248(3), 157–160. <http://doi.org/10.1007/s004060050033>

**Bardram, J. E.** (2004). Applications of Context-Aware Computing in Hospital Work – Examples and Design Principles.

**Bazzani, M., Conzon, D., Scalera, A., Spirito, M. a., & Trainito, C. I.** (2012). Enabling the IoT Paradigm in E-health Solutions through the VIRTUS Middleware. 2012 IEEE 11th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications, 1954–1959. <http://doi.org/10.1109/TrustCom.2012.144>

**Beevers, C. G., Ellis, A. J., & Reid, R. M.** (2011). Heart Rate Variability Predicts Cognitive Reactivity to a Sad Mood Provocation, 395–403. <http://doi.org/10.1007/s10608-010-9324-0>

**Bonin-guillaume, S., Sautel, L., Demattei, C., Jouve, E., & Blin, O.** (2007). Validation of the Retardation Rating Scale for detecting depression in geriatric inpatients, (August 2005), 68–76. <http://doi.org/10.1002/gps>

**Business.** (2013). No Title. Retrieved from <http://mib.isdi.mx/el-master/el-programa/modulo-2-redes-y-medios-sociales?gclid=CMLf4z05rgCFcvm7AodCkkAXA>

**California, D. E. B.** (2007). MEMORIAS del 2o congreso internacional de ciencias computacionales. (M. E. Morán Leopoldo, González José Ángel, Rodríguez Oscar, Ed.) CiComp07 (Vol. 2). Ensenada, Baja California, México.

**Catarinucci, L., Colella, R., Esposito, A., Tarricone, L., & Zappatore, M.** (2012). RFID sensor-tags feeding a context-aware rule-based healthcare monitoring system. *Journal of Medical Systems*, 36(6), 3435–49. <http://doi.org/10.1007/s10916-011-9794-y>

**Chen, H.-C., Yang, C. C. H., Kuo, T. B. J., Su, T.-P., & Chou, P.** (2010). Gender differences in the relationship between depression and cardiac autonomic function among community elderly. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 25(3), 314–22. <http://doi.org/10.1002/gps.2341>

**Chen, Z., Xia, F., Huang, T., Bu, F., & Wang, H.** (2011). A localization method for the Internet of Things. *The Journal of Supercomputing*. <http://doi.org/10.1007/s11227-011-0693-2>

**Chen, Z., Zhang, C., & Ji, Y.** (2011). Context Awareness for Self-Adaptiveness in Smart Terminals. 2011IEEE 10th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications, 1783–1788. <http://doi.org/10.1109/TrustCom.2011.249>

**Choi, W., Kim, S., Keum, M., Han, D. K., Ko, H., & Member, S.** (2011). Acoustic and Visual Signal Based Context Awareness System for Mobile Application, 57(2), 738–746.

**Chorro, F.J; García Civera R., L. M.** (2007). *Cardiología Clínica* (1a ed.). Valencia, España: PUV, Universidad Politécnica de Valencia. Retrieved from [https://books.google.es/books?id=Pu\\_WLr0gc14C&printsec=frontcover&dq=cardiologia&hl=es&sa=X&ei=uJjvVLHJH8S2yASvhlICg&ved=0CD4Q6AEwAw#v=onepage&q=cardiologia&f=false](https://books.google.es/books?id=Pu_WLr0gc14C&printsec=frontcover&dq=cardiologia&hl=es&sa=X&ei=uJjvVLHJH8S2yASvhlICg&ved=0CD4Q6AEwAw#v=onepage&q=cardiologia&f=false)

**Chui, M., Löffler, M., & Roberts, R.** (2010). *The Internet of things*. McKinsey & Company, 291(2), 10.



**Ciobotariu, R., Rotariu, C., Adochiei, F., Costin, H., & Tudosa, I.** (2011). Wireless Monitoring System for Pulse Wave Velocity as Response to Different Types of Stress. Proceedings of the 3rd International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2011, 24th-26th November 2011, Iași, Romania, 24–27.

**Crawford, M.J., Prince, M., Menezes, P., Mann, H.** (1998). THE RECOGNITION AND TREATMENT OF DEPRESSION IN OLDER PEOPLE. International Journal Of Geriatric Psychiatry, 13(December 1997), 172176.

**Cullum, S., Tucker, S., Todd, C., & Brayne, C.** (2006). Screening for depression in older medical inpatients. International Journal of Geriatric Psychiatry, 21(5), 469–76. <http://doi.org/10.1002/gps.1497>

**Darianian, M., & Michael, M. P.** (2008). Smart Home Mobile RFID-Based Internet-of-Things Systems and Services. 2008 International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, 116–120. <http://doi.org/10.1109/ICACTE.2008.180>

**de Souza, C. M., & Hidalgo, M. P. L.** (2012). World Health Organization 5-item well-being index: validation of the Brazilian Portuguese version. European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience, 262(3), 239–44. <http://doi.org/10.1007/s00406-011-0255-x>

**Delville, C. L., & McDougall, G.** (2008). A systematic review of depression in adults with heart failure: instruments and incidence. Issues in Mental Health Nursing, 29(9), 1002–17. <http://doi.org/10.1080/01612840802274867>

**Diana.** (2010). Reconocimiento Digital de Patrones; Medidas Biométricas. Retrieved from <http://reconocimientodigitaldepatrones.blogspot.mx/2010/06/medidas-biometricas.html>

**Dorfman A. Rachelle, Lubben E. James, Mayer-Oakes A., Atchison Kathryn, Schwitzer O. Stuart, J. De Jong Fred, M. E. R.** (1995). Screening for Depression among a Well Elderly Population. National Association of Social Workers, Inc.

**Dougherty, G.** (2013). Pattern Recognition and Classification (1st ed.). USA: Springer Science Bussines Media. <http://doi.org/10.1007/978-1-4614-5323-9>

**Doukas, C., & Maglogiannis, I.** (2012). Bringing IoT and Cloud Computing towards Pervasive Healthcare. 2012 Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, 922–926. <http://doi.org/10.1109/IMIS.2012.26>

**DSI.** (2015). Retrieved February 26, 2015, from <http://www.datasci.com/solutions/cardiovascular/baroreflex>

**Eupati** (2017), Biomarcadores, Academia Europea de Pacientes, <https://www.eupati.eu/es/medicina-genomica-personalizada/biomarcadores/>, recuperado el 5 de diciembre del 2017

**Farella, E., Pieracci, A., Benini, L., Rocchi, L., & Acquaviva, A.** (2008). Interfacing human and computer with wireless body area sensor networks: the WiMoCA solution. *Multimedia Tools and Applications*, 38(3), 337–363. <http://doi.org/10.1007/s11042-007-0189-5>

**Fenza, G., Furno, D., & Loia, V.** (2012). Hybrid approach for context-aware service discovery in healthcare domain. *Journal of Computer and System Sciences*, 78(4), 1232–1247. <http://doi.org/10.1016/j.jcss.2011.10.011>

**Ferruzca Navarro Marco.** (2008). Estudio teórico y evidencia empírica de la aplicación del marco teórico de —Cognición Distribuida en la gestión de sistemas de formación e-learning. Universidad Autonoma Metropolitana; Universidad Politécnica de Cataluña.

**Freimut, B., Punter, T., Biffi, S., & Ciolkowski, M.** (2002). State-of-the-Art in Empirical Studies, 117.

**Gámez, N., Cubo, J., Fuentes, L., & Pimentel, E.** (2012). Configuring a context-aware middleware for Wireless Sensor Networks. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 12(7), 8544–70. <http://doi.org/10.3390/s120708544>

**Goodman Elizabeth, Kuniavsky Mike, M. A.** (2012). Observing the user experience. (Morgan Kaufman Elsevier, Ed.) (1st ed.). Massachusetts: Elsevier Inc. Retrieved from [https://books.google.com.mx/books?id=ZqAl1AsglflC&printsec=frontcover&dq=user+experience&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=user+experience&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=ZqAl1AsglflC&printsec=frontcover&dq=user+experience&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=user+experience&f=false)

**Goyal Megh, R.** (2014). *Biofluid Dynamics of Human Body Systyems*. Florida, USA; Oakville, Canada: CRC Press; Apple Academic Press, Inc. Retrieved from [https://books.google.com.mx/books?id=XVDGAAAAQBAJ&pg=PA100&dq=human+body+temperature&hl=es&sa=X&ei=t-kVVbn8JJTdoAS62lCoAQ&redir\\_esc=y#v=onepage&q=human+body+temperature&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=XVDGAAAAQBAJ&pg=PA100&dq=human+body+temperature&hl=es&sa=X&ei=t-kVVbn8JJTdoAS62lCoAQ&redir_esc=y#v=onepage&q=human+body+temperature&f=false)

**Grajzer, M., Koziuk, M., Szczechowiak, P., & Pescap, A.** (2012). A Multi-Classification Approach for the Detection and Identification of eHealth Applications. <http://doi.org/978-1-4673-1544-9>

**Greger, R. W. U.** (1996). *Comprehensive Human Physiology: From Cellular Mechanisms to Integration*. (S. Verglat, Ed.) (6st ed.). Hong Kong: Springer Verlag. <http://doi.org/10-1007/978-3-642-60946-6>

**Ground, S.** (Search for C. (2011). Case Study Module, 1–15. Retrieved from <http://docplayer.net/38974335-Section-2-2-case-study-module-this-module-will-help-project-staff-in-designing-and-conducting-a-case-study.html>

**Gu, Y., Wong, K.-J., & Tan, S.-L.** (2012). Analysis of physiological responses from multiple subjects for emotion recognition. 2012 IEEE 14th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 178–183. <http://doi.org/10.1109/HealthCom.2012.6379388>

**Haberkern, K., Schmid, T., Neuberger, F., & Grignon, M.** (2011). The role of the elderly as providers and recipients of care. In O. Publishing (Ed.), *The Future of Families to 2030*. <http://doi.org/10.1787/9789264168367-en> The

**Haller, S. I. of T. in an E. C., Karnouskos, S., Schroth, C., Ag, S. A. P. S., & Zürich, C. E. C.** (2009). The Internet of Things in an Enterprise Context, 14–28.

**Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, B. L. P.** (2010). *Metodología de la Investigación* (5a.). México: McGraw-Hill, Interamericana Editores.

**Hirofumi Tanaka, PhDa; Kevin D Monahan, MSa; Douglas R Seals, PhDa, B.** (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. [http://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)01054-8](http://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8)

**Hoepman, J.** (2011). In Things We Trust? Towards trustability in the Internet of Things.

**Hong, G. Y., Fong, A. C. M., & Fong, B.** (2011). Ubiquitous Healthcare for environmentally linked disease syndromic surveillance. 2011 IEEE 13th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services, 78–81. <http://doi.org/10.1109/HEALTH.2011.6026791>

**Houdas Y.; Ring E. F.J.;** (1982). Human Body Temperature, Its measurement and Regulation. (Springer, Ed.) (1st ed.). New York: Springer Science Bussines Media. <http://doi.org/10.1007/978-1-4899-0345-7>

**Ide, Hiroshi<sup>1</sup>; Abdi, Frank; Miraj, Rashid; Dang, Chau; Takahashi, Tatsuya; Sauer, B. S. C.** (USA), & Publication. (2009). Wireless Zigbee strain gage sensor system for structural health monitoring.

**J.W., Kim K.S. Shin S.W., Yoon T.H., Kim E.J., Lee J.W., K. Y. I.** (2006). Infrared Thermography in Human Hand. (D. T. S. S. Dr. Sun I. Kim, Ed.) World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006 (7th ed., Vol. 14). Seoul, Korea: Springer. Retrieved from [https://books.google.com.mx/books?id=6rguB7UzahAC&pg=PA2584&dq=human+physiology+temperature&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj4vvDVmK\\_UAhXCSSYKHf8-ALo4KBD0AQghMAA#v=onepage&q=human+physiology+temperature&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=6rguB7UzahAC&pg=PA2584&dq=human+physiology+temperature&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj4vvDVmK_UAhXCSSYKHf8-ALo4KBD0AQghMAA#v=onepage&q=human+physiology+temperature&f=false)

**Proceedings of SPIE** - The International Society for Optical Engineering SPIE-7314, SPIE-7314(January), 1–2. <http://doi.org/10.1117/12.819358>

**IEEE.** (2015). Retrieved February 6, 2015, from <http://www.ieee.org/index.html>

**INEGI.** (2005). Los Adultos Mayores en México. Perfil sociodemográfico al Inicio del Siglo XXI (2005th ed.). México: INEGI.

**INEGI.** (2009). Mujeres y Hombres en México 2009. (I. I. N. de las Mujeres, Ed.) (13a ed.). México.

**Istepanian, R. S. H., Sungoor, a., Faisal, a., & Philip, N.** (2011). Internet of M-health Things “m-IOT.” IET Seminar on Assisted Living 2011, 20–20. <http://doi.org/10.1049/ic.2011.0036>

**Jain, F. a., Cook, I. a., Leuchter, A. F., Hunter, A. M., Davydov, D. M., Ottaviani, C., ... Shapiro, D.** (2014). Heart rate variability and treatment outcome in major depression: A pilot study. International Journal of Psychophysiology, 93(2), 204–210. <http://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.04.006>

**James, G. J.** (2010). The elements of user experience. (New Riders, Ed.) (2nd ed.). San Francisco, CA.

**Jeon, H.-S., Dunkle, R., & Roberts, B. L.** (2006). Worries of the oldest-old. *Health & Social Work*, 31(4), 256–65. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17176973>

**Kang, G.** (2012). Wireless eHealth From Concept to Practice. *IEEE International Conference on E-Health Networking*, 375–378. <http://doi.org/978-1-4577-2040-6/12>

**Katsamanis, M., Paul, K., Evgeny, M. L., Vaschillo, B., Marin, H., Buyske, S., Hassett, A.** (2007). Preliminary Results of an Open Label Study of Heart Rate Variability Biofeedback for the Treatment of Major Depression, 19–30. <http://doi.org/10.1007/s10484-006-9029-z>

**Khan, J. Y., Yuce, M. R., Bulger, G., & Harding, B.** (2012). Wireless Body Area Network (WBAN) design techniques and performance evaluation. *Journal of Medical Systems*, 36(3), 1441–57. <http://doi.org/10.1007/s10916-010-9605-x>

**Konstantinos Theodoridis, S. K.** (2009). *Pattern recognition* (4th ed.). USA: Elsevier Inc. Retrieved from [https://books.google.com.mx/books?id=QgD-3Tcj8DkC&printsec=frontcover&dq=pattern+recognition&hl=es&sa=X&ei=enXrVLOCOY-1yATTsYKYBw&redir\\_esc=y#v=onepage&q=pattern+recognition&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=QgD-3Tcj8DkC&printsec=frontcover&dq=pattern+recognition&hl=es&sa=X&ei=enXrVLOCOY-1yATTsYKYBw&redir_esc=y#v=onepage&q=pattern+recognition&f=false)

**Kooy, K. G. Van Der, Hout, H. P. J. Van, Marwijk, H. W. J. Van, & Haan, M. De.** (2006). Differences in heart rate variability between depressed and non-depressed elderly, 21(January 2006), 147–150. <http://doi.org/10.1002/gps.1439>

**Kranenburg, R. van.** (2008). *Internet Things ique of nt tech- and the of RFID.* (G. L. and S. Niederer, Ed.). Netherlands: Institute of Network Cultures, Amsterdam.

**Kranenburg, R. van, Anzelmo, E., Alessandro, B., Caprio, D., Dodson, S., & Ratto, M.** (2007). *The Internet of things.* 1st Berlin Symposium on Internet Society. Amsterdam.

**Kranz, M., Holleis, P., & Schmidt, A.** (2010). *Embedded Interaction.* Internet of Things Track IEEE.

**Lafortune, Gaetan; Balestat, G.** (2007). OECD Health Working Papers No.26. In P. OECD (Ed.), Trends in Severe Disability Among Elderly People (p. 81). <http://doi.org/10.1787/217072070078>  
OECD

**Lallemant, C., Gronier, G., & Koenig, V.** (2015). User experience: A concept without consensus? Exploring practitioners' perspectives through an international survey. *Computers in Human Behavior*, 43, 35–48. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.048>

**Lee, Jung-Sun; Byungsu, Kim; Youjin, Hong; Yeon, H. J.** (2012). Heart rate variability in the subsyndromal depressive phase of bipolar disorder. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, (66), 361–366. <http://doi.org/10.1111/j.1440-1819.2012.02335.x>

**Liang, C., Lee, J., Chen, C., & Chang, Y.** (2015). Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry Reactive heart rate variability in male patients with first-episode major depressive disorder ☆. *Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry*, 56, 52–57. <http://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2014.08.004>

**Liang, R., Ouhyoung, M., & Management, I.** (1998). A Real-time Continuous Gesture Recognition System for Sign Language Dept. of Computer Science and Information Engineering, National Taiwan University, Taipei 106.

**Luo, J., Chen, Y., & Tang, K.** (2009). Remote monitoring information system and its applications based on the Internet of Things. 2009 International Conference on Future BioMedical Information Engineering (FBIE), 482–485. <http://doi.org/10.1109/FBIE.2009.5405813>

**Macías, Dignora; Cruz, Carmen; Mendoza, C.** (2010). La aparición de la depresión en la vejez. *Medicentro*, 14(3), 222–225.

**Marina M., Yassami T., Ommeeren M., Chislom D., E. A.** (2012). Depresión: Una Crisis Global Día Mundial De La Salud Mental 2012. The World Mental Association, 7–10. Retrieved from <http://www.wfmh.org/2012DOCS/WMHDay Packet - Spanish Translation 2.pdf>

**Marques de Sá, J.** (2001). Pattern Recognition, Concepts, Methods and applications (6a ed.). Portugal: Springer.

**Martínez Carazo, P. C.** (2006). El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento Y Gestión: Revista de La División de Ciencias Administrativas de La Universidad Del Norte*, (20), 165–193. <http://doi.org/10.1055/s-0029-1217568>

**Mathew, S. S., Atif, Y., Sheng, Q. Z., & Maamar, Z.** (2011). Web of Things: Description, Discovery and Integration. 2011 International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing, (Contribution 3), 9–15. <http://doi.org/10.1109/iThings/CPSCom.2011.165>

**Mavis, E.** (1995). Detection and Management of Depression in the Elderly Physically I11 Patient. *Human Psychopharmacology*, 10, 235–241. <http://doi.org/0885-6222/95/S40235-07>

**Mokhber, A., Achard, C., & Milgram, M.** (2008). Recognition of human behavior by space-time silhouette characterization. *Pattern Recognition Letters*, 29(1), 81–89. <http://doi.org/10.1016/j.patrec.2007.08.016>

**Muthayya, N. M.** (2002). *Human Physiology* (3rd ed.). Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers Ltd. Retrieved from:  
[https://books.google.com.mx/books?id=dWVJPYhnJHwC&pg=PA199&dq=human+body+temperature&hl=es&sa=X&ei=t-kVVbn8JJTdoAS62ICoAQ&redir\\_esc=y#v=onepage&q=human body temperature&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=dWVJPYhnJHwC&pg=PA199&dq=human+body+temperature&hl=es&sa=X&ei=t-kVVbn8JJTdoAS62ICoAQ&redir_esc=y#v=onepage&q=human body temperature&f=false)

**Naeemabadi, Mohammadreza; Zabihi, Morteza; Sadeghi Ordoubado Behnam, A. S. M. A. K. M.** (2011). Tele-homecare System Design for elderly, 74. <http://doi.org/978-1-61284-832-7/11>

**Ning, H., & Hu, S.** (2011). Internet of Things: An Emerging Industrial or a New Major? 2011 International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing, 178–183. <http://doi.org/10.1109/iThings/CPSCom.2011.115>

**OECD.** (2012). Science and technology perspectives on an ageing society. In O. Publishing (Ed.), *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012*. [http://doi.org/http10.1787/sti\\_outlook-2012-en](http://doi.org/http10.1787/sti_outlook-2012-en) Science

**Pavlovic, V. I., Member, S., & Sharma, R.** (1997). Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction: A Review, 19(7), 677–695.

**Pereira, O., Caldeira, J. M. L. P., & Rodrigues, J. J. P. C.** (2010). Body Sensor Network Mobile Solutions for Biofeedback Monitoring. *Mobile Networks and Applications*, 16(6), 713–732. <http://doi.org/10.1007/s11036-010-0278-y>

**Psycom** (2017), <https://www.psycom.net/depression.central.major.html>, recuperado el 5 de jul 2016.

**Rehunathan, D., Bhatti, S., & Chandran, O.** (2011). Nurse: Using virtualisation on mobile phones for remote health monitoring. 2011 IEEE 13th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services, 82–85. <http://doi.org/10.1109/HEALTH.2011.6026792>

**Reyes, T.** (1999). Métodos cualitativos de investigación: los grupos focales y el estudio de caso. *Forum Empresarial*, 4(2), 75–87.

**rfidpiont.** (2013). Middleware. Retrieved from <http://www.rfidpoint.com/fundamentos/middleware/>

**Sciences, N. I. of G. M.** (2014). Basic Discoveries for Better Health. Retrieved from [http://www.nigms.nih.gov/Education/Pages/Factsheet\\_CircadianRhythms.aspx](http://www.nigms.nih.gov/Education/Pages/Factsheet_CircadianRhythms.aspx)

**Slow Heart Beat.** (2015). Retrieved March 4, 2015, from <http://www.hrsonline.org/hrs/Patient-Resources/Symptoms-Diagnosis/Slow-Heartbeat#axzz3TNIkqM86>

**Souders, D., & Charness, N.** (2016). Human Aspects of IT for the Aged Population. *Healthy and Active Aging*, 9755, 428–440. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-39949-2>

**Sundmaeker, H., & Saint-exupéry, A. De.** (2010). Vision and Challenges for Realising the Internet of Things.

**Suraki, M. Y., Suraki, M. Y., & Nejati, O.** (2012). Benefit of internet of things to improve business interaction with depression prevention and treatment. 2012 IEEE 14th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 403–406. <http://doi.org/10.1109/HealthCom.2012.6379448>



**Tan, L.** (2010). Future internet: The Internet of Things. 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering(ICACTE), V5-376-V5-380. <http://doi.org/10.1109/ICACTE.2010.5579543>

**Target, T.** (2008). IP Address (Internet Protocol Address). Retrieved from <http://searchunifiedcommunications.techtarget.com/definition/Internet-Protocol>

**Turk, M., & Mathias, K.** (2003). Perceptual Interfaces. (U. of California, Ed.), USA.

**Vallejos de Schatz, C. H., Medeiros, H. P., Schneider, F. K., & Abatti, P. J.** (2012). Wireless medical sensor networks: design requirements and enabling technologies. Telemedicine Journal and E-Health: The Official Journal of the American Telemedicine Association, 18(5), 394–9. <http://doi.org/10.1089/tmj.2011.0169>

**Vera Stara, Richard Harte, Mirko Di Rosa, Lorena Rossi, G. O.** (2016). Toward a Connected Health System for Older Adults: Lessons Learned. International Conference on Physical Ergonomics and Human Factors, 489, 849–857. [http://doi.org/10.1007/978-3-319-41694-6\\_81](http://doi.org/10.1007/978-3-319-41694-6_81)

Vidal Moreno Gustavo. (2010). Sistema de Reconocimiento Gestual par una unidad de medición inercial.

**Wang, Q., & Sun, X.** (2016). Investigating gameplay intention of the elderly using an Extended Technology Acceptance Model (ETAM). Technological Forecasting and Social Change, 107, 59–68. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.10.024>

**Webster, M.** (2015). Merriam-Webster. Retrieved February 26, 2015, from <http://www.merriam-webster.com/medical/baroreflex>

**William, G. F.** (1994). Fisiología Médica. (S. A. de C. V. El manual moderno, Ed.) (16a ed.). Bogotá, Colombia: Appleton & Lange.

**Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., & Vinel, A.** (2012). Internet of Things, 1101–1102. <http://doi.org/10.1002/dac>

**Yang, N., Zhao, X., & Zhang, H.** (2012). A Non-contact Health Monitoring Model Based on the Internet of Things. 2012 8th International Conference on Natural Computation (ICNC 2012), 506–510.

**Yáñez-luis, M. M. C. J. A., Fernández-Guzmán, C. M. C. M. P., Brigada, G. De, & Manuel, M. C. V.** (2009). Características clinimétricas en adultos mayores consultados en la Especialidad de Geriátrica de la Unidad de Especialidades Médicas, 63(4), 156–177.

**Zatout, Y.** (2012). Using wireless technologies for healthcare monitoring at home: A survey. 2012 IEEE 14th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 383–386. <http://doi.org/10.1109/HealthCom.2012.6379443>

**Zhang, L., & Mitton, N.** (2011). Advanced Internet of Things. 2011 International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing, 1–8. <http://doi.org/10.1109/iThings/CPSCoM.2011.14>

**Zhang, S., Ang, M. H., Xiao, W., & Tham, C. K.** (2008). Detection of activities for daily life surveillance: Eating and drinking. HealthCom 2008 - 10th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services, 171–176. <http://doi.org/10.1109/HEALTH.2008.4600131>

**Zigbee.** (2013). ZigBee alliance. Retrieved from <http://www.zigbee.org/About/FAQ.aspx>

**Zimmermann, K. A.** (2015). What is a Normal Heart Rate? Retrieved March 3, 2015, from <http://www.livescience.com/42081-normal-heart-rate.html>

## PUBLICACIONES

Presentación en congreso internacional  
Global Telemedicine eHealth Updates  
(Telemedicina y Salud electrónica,  
actualizaciones) en 2014 en la ciudad de  
Luxemburgo. Se realizó un artículo: “IoT for  
Early Detection and Treatment of  
Depression in Elderly: A lesson learned”,  
publicado en los “proceedings” con ISBN  
1998-5509

[www.medetel.eu](http://www.medetel.eu)



### IoT for Early Detection and Treatment of Depression in Elderly: A lesson learned.

Edwing Almeida, Marco Ferruzca  
Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco  
Av. San Pablo 180, col. Reynosa Tamps. 02020 D.F. México  
Tel: 5553189175  
[esac@correo.azc.uam.mx](mailto:esac@correo.azc.uam.mx); [mfrcn@correo.azc.uam.mx](mailto:mfrcn@correo.azc.uam.mx)

One of the major diseases that afflict the elderly population in Mexico is depression. This document describes the process of designing a system for early detection and treatment of the state of depression in older adults, taking advantage of the technological development of the Internet of Things, the Context Awareness and the concept of e-Health to determine the Daily Activities living (ADL) using the gesture recognition log events to determine an abnormality in its means to conclude the variations in the ADL.

Keywords: IoT, elderly, depression



Presentación en congreso internacional  
Mindcare 2014: International Symposium on  
pervasive Computing Paradigms for Mental  
Health en la ciudad de Tokyo, Japón.

El artículo se publicó de manera digital en el  
sitio Web y Springer con el título: "Design of  
a System for Early Detection and Treatment  
of Depression in Elderly Case Study"



Presentación en el congreso internacional ICHI 2015 – IEEE International Conference on Healthcare Informatics en la ciudad de Dallas, Texas, Estados Unidos de Norteamérica en octubre del 2015.

Se presentó un poster, resumen del artículo, durante las sesiones de la conferencia.

El artículo se publicó y está disponible en la IEEE bajo el título: Detection of Episodes of Major Depression in Older Adults through Physiological Markers and Movement Patterns.

The image shows two screenshots. The top screenshot is the ICHI 2015 website, featuring a cityscape header and navigation links. The bottom screenshot is the IEEE Xplore Digital Library page for the paper 'Detection of Episodes of Major Depression in Older Adults through Physiological Markers and Movement Patterns' by Min-Hsiung A. et al. The page includes the abstract, authors, and a list of references.

**Abstract:**

This paper presents a study of a detection system for the detection of episodes of major depression in older adults. The system uses a combination of physiological markers and movement patterns to detect episodes of major depression. The system is designed to be used in a home environment and is able to detect episodes of major depression in real-time. The system is able to detect episodes of major depression in older adults with a high degree of accuracy. The system is able to detect episodes of major depression in older adults with a high degree of accuracy. The system is able to detect episodes of major depression in older adults with a high degree of accuracy.

**References:**

1. Min-Hsiung A. et al. "Detection of Episodes of Major Depression in Older Adults through Physiological Markers and Movement Patterns." *IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI) 2015*, Dallas, Texas, USA, October 21-23, 2015.
2. Min-Hsiung A. et al. "Detection of Episodes of Major Depression in Older Adults through Physiological Markers and Movement Patterns." *IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI) 2015*, Dallas, Texas, USA, October 21-23, 2015.
3. Min-Hsiung A. et al. "Detection of Episodes of Major Depression in Older Adults through Physiological Markers and Movement Patterns." *IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI) 2015*, Dallas, Texas, USA, October 21-23, 2015.

Entrevista para el programa “La oveja eléctrica” del canal 22



Entrevista para la sección de innovadores del programa Hechos de la sección Azteca Noticias. Presentado por Mariano Riva Palacio.



Entrevista publicada para la gaceta Aleph de la UAM y el semanario de la UAM (vol. XX1, Núm. 8, pág. 5)





<p>Entrevista para la sección de “Mentes brillantes” del programa de Javier Solórzano en la estación Radio Red.</p> <p>Entrevista para Radio UAM en la sección de Innovadores.</p>	
<p>Publicación en Sitio principal de la UAM</p>	
<p>Este artículo fue publicado en distintos medios electrónicos del país en prensa común y hasta especializada. De la misma forma se publicó en el extranjero, en países como España, Portugal, Italia entre otros.</p>	
	







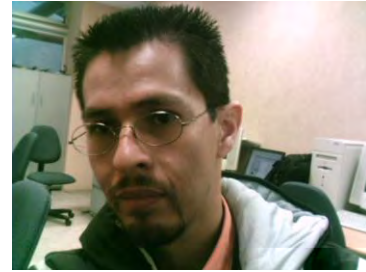
# CURRICULUM VITAE

## DATOS PERSONALES

NOMBRE: Edwing Antonio Almeida Calderón.

FECHA DE NACIMIENTO: 18 de agosto de 1970

NACIONALIDAD: mexicana



## ESTUDIOS UNIVERSITARIOS

- Estudios para obtener el grado de Doctor en Diseño; Nuevas Tecnologías, Universidad Autónoma Metropolitana; Grado aún no obtenido.
- Maestría en Diseño; Universidad Autónoma Metropolitana; Unidad Azcapotzalco.
- Diplomado en Formación de Facilitadores en Educación para el Diseño, vía Internet. 75 horas.
- Licenciatura en Diseño Industrial; Registro de título No. 010952 035925; Cédula profesional No. 2164954; Universidad Autónoma Metropolitana; Unidad Azcapotzalco. Periodo 1988-1993

## DESARROLLO PROFESIONAL

- Profesor investigador Titular “C” de tiempo completo el área de Diseño industrial de la UAM unidad Azcapotzalco desde noviembre 1999 hasta la fecha.
- Pertenece al Área de Investigación de Nuevas Tecnologías del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización.
- Participación en diferentes congresos como conferencista, de la misma forma ha publicado en diferentes revistas indexadas, capítulos de libro y un libro.
- Profesor en la carrera de Diseño industrial en la Universidad del Valle de México Campus Lomas Verdes desde agosto del 2005.
- Dueño de Taller-despacho de ingeniería y diseño “Capacitación Integral” en funciones desde julio de 1997. Cartera de clientes como: Gillete de México, Braun de México, Wilson (J&M sports); Top industrial, etc.
- IV Nivel de Inglés en el SELEX de la UAM, TOEFL 533 pts.
- Pasatiempos: Running, ciclismo de montaña, lectura.